

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**MANTENIMIENTO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS PLACA PLANA CON  
ESTANQUE PRESURIZADO TIPO TERMOSIFÓN**

Trabajo de titulación para optar al Título

de Técnico Universitario en ENERGÍAS RENOVABLES

Alumnos:

Javier Alonso Manns Aqueveque

Bastián Alejandro Verdugo Montecinos

Profesor Guía:

Vanessa Mella Lorca

**2020**



## **RESUMEN**

KEYWORDS: SISTEMA SOLAR TÉRMICO, MANTENIMIENTO, CHILE, ENERGÍA SOLAR

En este trabajo de título se da la solución al problema de deterioro que tienen los sistemas solares térmicos enfocado en el mantenimiento preventivo realizable por el usuario.

Capítulo I: Sistema solar térmico. Se introduce al usuario con información detallada sobre la energía solar térmica, cómo funciona, cómo se regula la implementación de estos sistemas en Chile, cuáles son sus componentes y equipos, representados mediante diagramas.

Capítulo II: Operación y mantenimiento. Se detallan los tipos de mantenimiento, se recopilan diferentes instructivos de mantenimiento a sistemas solares térmicos y se genera un plan de operación y mantenimiento para técnico especializado en energía solar.

Capítulo III Instructivo usuario final. Se genera instructivo básico para usuario con información detallada de cómo realizar mantenimiento a sistemas solares térmicos placa plana estanque presurizado sistema termosifón.

**ÍNDICE**

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                | <b>16</b> |
| <b>OBJETIVOS</b>                                                                   | <b>3</b>  |
| <b>OBJETIVO GENERAL</b>                                                            | <b>3</b>  |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>                                                       | <b>3</b>  |
| <b>1. MARCO TEÓRICO: SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS</b>                                 | <b>6</b>  |
| 1.1. Enería solar térmica                                                          | 6         |
| 1.2. Sistema solar térmico                                                         | 6         |
| 1.2.1. Beneficios de un sistema solar térmico                                      | 6         |
| 1.2.2. Desventajas de un sistema solar térmico                                     | 6         |
| 1.2.3. Elementos a tener en cuenta para seleccionar el colector solar más adecuado | 7         |
| 1.3. Tipos de sistemas solares térmicos                                            | 7         |
| 1.3.1. Estanque atmosférico o no presurizado                                       | 8         |
| 1.3.2 Sistema solar térmico natural termosifón:                                    | 9         |
| 1.3.3. Sistema solar térmico forzado                                               | 11        |
| 1.4. Financiamientos para obtener un sistema solar térmico                         | 12        |
| 1.5. Sistemas solares térmicos certificados en Chile                               | 14        |
| 1.6. SST natural termosifón con CST                                                | 15        |
| 1.6.1. Componentes básicos de un sistema solar térmico placa plana                 | 16        |
| 1.6.2. Circuitos hidráulicos de un SST Placa plana                                 | 18        |
| 1.7. Componentes específicos de un sistema solar termico MINVU                     | 18        |
| 1.7.1. Materiales para flujo de agua en sistemas solares térmicos                  | 33        |
| 1.7.2. Equipos auxiliares                                                          | 37        |
| 1.7.3. Tipos de calefón                                                            | 37        |
| 1.7.4. Diagrama Hidráulico SST con equipo auxiliar                                 | 40        |

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.8. Normativas y leyes en Chile                                                          | 42        |
| <b>2. MANTENIMIENTOS DE SISTEMA TERMOSOLAR CAPA PLANA</b>                                 | <b>46</b> |
| 2.1. Definición de mantenimiento                                                          | 46        |
| 2.2. Tipos de mantenimiento                                                               | 46        |
| 2.2.1. Mantenimiento correctivo                                                           | 46        |
| 2.2.2. Mantenimiento preventivo                                                           | 47        |
| 2.2.3. Mantenimiento predictivo                                                           | 47        |
| 2.2.4. Mantenimiento cero horas u overhaul                                                | 47        |
| 2.2.5. Mantenimiento en uso                                                               | 47        |
| 2.3. Recopilación de distintos mantenimientos para ACS                                    | 47        |
| 2.3.1. Mantenimiento preventivo en sistemas solares térmicos                              | 47        |
| 2.3.2. Mantenimiento correctivo en sistemas solares térmicos                              | 48        |
| 2.4. Plan de operación y mantenimiento para el técnico instalador                         | 48        |
| 2.4.1. Procedimiento de mantenimiento en caso de fallas                                   | 52        |
| 2.5. Procedimiento de mantención preventiva y correctiva                                  | 55        |
| 2.6. Lista de chequeo SST placa plana con sistema termosifón.                             | 61        |
| <b>3. INSTRUCTIVO DE USUARIO FINAL PARA REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SST A NIVEL BÁSICO</b> | <b>64</b> |
| 3.1. Preparación previa                                                                   | 64        |
| 3.1.1. Riesgos y peligros                                                                 | 64        |
| 3.1.2. Seguridad y precauciones                                                           | 64        |
| 3.2. Conocimientos previos para el usuario                                                | 66        |
| 3.2.1. Sombras                                                                            | 68        |
| 3.2.2. Aislamiento                                                                        | 68        |
| 3.2.3. Disposición de las válvulas y accesorios                                           | 69        |
| 3.2.4. Fugas                                                                              | 69        |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.5. Anticongelantes                                      | 69  |
| 3.2.6. Corrosión                                            | 69  |
| 3.2.7. Herramientas                                         | 69  |
| 3.2.8. Materiales                                           | 76  |
| 3.2.9. Repuestos                                            | 80  |
| 3.2.9.1. Compra de Repuestos Térmicos                       | 84  |
| 3.3. Mantenimiento preventivo y correctivo                  | 84  |
| 3.3.1. Revisión de la información técnica de la instalación | 84  |
| 3.3.2. Instructivo de usuario para mantenimiento básico     | 85  |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                       | 100 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                         | 101 |
| <b>ANEXO</b>                                                | 103 |

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1. Tipos de clasificación de SST                                     | 6  |
| Figura 1-2. Sistema solar térmico atmosférico                                 | 7  |
| Figura 1-3. Explicativo sistema solar térmico atmosférico                     | 9  |
| Figura 1-4. Sistema solar térmico presurizado con CST                         | 9  |
| Figura 1-5. Sistema termo solar con colector de tubos al vacío                | 10 |
| Figura 1-6. Explicativo de sistema solar térmico presurizado                  | 10 |
| Figura 1-7. Diagrama de captación SST forzado capa plana                      | 11 |
| Figura 1-8. Explicativo SST forzado                                           | 12 |
| Figura 1-9. Buscador SST colector con deposito integrado                      | 15 |
| Figura 1-10. SST presurizado placa plana                                      | 16 |
| Figura 1-11. Componentes básicos de un SST                                    | 17 |
| Figura 1-12. Circuito hidráulico en SST                                       | 18 |
| Figura 1-13. Colector solar placa plana                                       | 19 |
| Figura 1-14. Diseño de serpentín y parrilla de colectores solares placa plana | 20 |
| Figura 1-15. Depósito acumulador (DA)                                         | 20 |
| Figura 1-16. Funcionamiento de convección en SST                              | 21 |
| Figura 1-17. Recubrimiento de tuberías                                        | 22 |
| Figura 1-18. Válvula de seguridad AKE                                         | 23 |
| Figura 1-19. SST placa plana con válvula de seguridad                         | 23 |
| Figura 1-20. Circuito primario con válvula de seguridad                       | 24 |
| Figura 1-21. Válvula de seguridad con manómetro                               | 24 |
| Figura 1-22. Válvula de corte                                                 | 25 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-23. Válvula mezcladora termostática                                   | 26 |
| Figura 1-24. Ubicación Válvula mezcladora termostática                         | 26 |
| Figura 1-25. Diseño de válvula de tres vías para SST                           | 27 |
| Figura 1-26. Ubicación válvula de tres vías en SST                             | 28 |
| Figura 1-27. Válvula anti retorno vertical                                     | 29 |
| Figura 1-28 Válvula anti retorno horizontal                                    | 29 |
| Figura 1-29. Diagrama isométrico de válvula anti retorno horizontal y vertical | 30 |
| Figura 1-30. Funcionamiento de vaso de expansión por presión                   | 30 |
| Figura 1-31. Ubicación del vaso de expansión en SST                            | 31 |
| Figura 1-32. Manómetro                                                         | 32 |
| Figura 1-33 Ubicación manómetro en SST                                         | 32 |
| Figura 1-34 Ánodo de magnesio en SST                                           | 33 |
| Figura 1-35. Unión americana                                                   | 34 |
| Figura 1-36. Tipos de codos PPR                                                | 34 |
| Figura 1-37. TEE PPR                                                           | 35 |
| Figura 1-38. Copla de PPR                                                      | 36 |
| Figura 1-39. Reducción PPR                                                     | 36 |
| Figura 1-40. Terminal HE PPR                                                   | 37 |
| Figura 1-41. Conexión en serie de SST con calefont solar                       | 40 |
| Figura 1-42. Conexión en paralelo de SST con calefont ionizado y convencional  | 41 |
| Figura 1-43. Simbología para diagrama isométrico de componentes del SST        | 43 |
| Figura 2-1. Circuito primario y secundario de SST                              | 50 |
| Figura 2-2. Diagrama isométrico de SST                                         | 51 |
| Figura 2-3. Válvula seguridad AKE tapada por mucha presencia de cal            | 54 |

|                                                                                               |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Figura 2-4. SST Placa plana con Estructura auxiliar                                           | 55    |
| Figura 2-5. Operación y mantenimiento de SST placa plana estanque presurizado según itemizado | 56    |
| Figura 2-6. Protocolo chequeo de fechas                                                       | 60    |
| Figura 2-7. Protocolo chequeo de actividades periodicidad de 6 meses                          | 60    |
| Figura 2-8. Itemizado MINVU chequeo e inspección para mantenimientos de SST placa plana       | 61-62 |
| Figura 3-1. Equipos de SST                                                                    | 67    |
| Figura 3-2. Componentes de un SST                                                             | 67    |
| Figura 3-3. Esquema hidráulico para usuario final                                             | 68    |
| Figura 3-4. Llave inglesa y ánodo de magnesio a punto de ser instalado                        | 71    |
| Figura 3-5 Llave Stillson                                                                     | 72    |
| Figura 3-6. Pinzas de presión                                                                 | 72    |
| Figura 3-7. Alicates extensibles                                                              | 73    |
| Figura 3-8. Llave de gasfiter                                                                 | 73    |
| Figura 3-9. Ánodo de sacrificio pegado                                                        | 74    |
| Figura 3-10. Cuchillo cartonero                                                               | 75    |
| Figura 3-11. Brochas para pintar                                                              | 75    |
| Figura 3-12 Embudos universales                                                               | 76    |
| Figura 3-13. Teflón para agua                                                                 | 77    |
| Figura 3-14. Artículos de limpieza                                                            | 78    |
| Figura 3-15. Aislación térmica                                                                | 78    |
| Figura 3-16. Cinta aislante                                                                   | 79    |
| Figura 3-17. Pintura anti corrosiva                                                           | 79    |
| Figura 3-18. Lija para fierro                                                                 | 80    |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3-19. Ánodo de magnesio                                                    | 80 |
| Figura 3-20. Goma para llave acrílo-nitrilo                                       | 81 |
| Figura 3-21. Válvula mezcladora                                                   | 81 |
| Figura 3-22. Válvula presión y temperatura                                        | 82 |
| Figura 3-23. Llave de corte                                                       | 82 |
| Figura 3-24. Glicol                                                               | 83 |
| Figura 3-25. SST placa plana con CST sucio                                        | 86 |
| Figura 3-26. Limpieza de colector solar capa plana                                | 87 |
| Figura 3-27. SST placa plana con CST limpio                                       | 87 |
| Figura 3-28. Ánodos de magnesio en distintas fases de degradación                 | 88 |
| Figura 3-29. Rosca ¾ ánodo de magnesio                                            | 89 |
| Figura 3-30. Cambio de ánodo de magnesio para SST                                 | 89 |
| Figura 3-31. Aislación térmica de tuberías en buen estado                         | 91 |
| Figura 3-32. Aislación térmica de tuberías incompleta                             | 92 |
| Figura 3-33. Estructura auxiliar SST                                              | 93 |
| Figura 3-34. Llave de corte junto a equipo auxiliar                               | 94 |
| Figura 3-35. Controlador digital SST para lector de temperatura en grados Celsius | 95 |
| Figura 3-36. Válvula mezcladora termostática en SST                               | 96 |
| Figura 3-37. Instalación glicol                                                   | 97 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

|                                                                            |       |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 2-1. Operaciones de mantención preventiva – documento de actividades | 57-59 |
| Tabla 3-1. Herramientas                                                    | 70-71 |
| Tabla 3-2. Materiales                                                      | 76-77 |

|                                                                                                   |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 3-3. Periodicidad de cambios de repuestos                                                   | 83-84 |
| Tabla 3-4. Comparativa ánodo de magnesio                                                          | 88    |
| Tabla 3-5. Procedimiento de mantenimiento con sus respectivos tiempos de ejecución y periodicidad | 97-98 |



## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍA**

### **A. SIGLAS**

- SST: Sistema solar térmico.
- ACS: Agua caliente sanitaria.
- CS: Colector solar.
- CST: Colector solar Térmico.
- CDI: Colector con depósito integrado.
- DA: Depósito acumulador.
- DOM: Dirección de Obras Municipales.
- PPPF: Programa protección del patrimonio familiar.
- MINVU: Ministerio de vivienda y urbanismo.
- SERVIU: servicio de vivienda y urbanismo.
- CORVI: Corporación de Reconstrucción.
- CORHABIT: Corporación de vivienda.
- COU: Corporación de obras Urbanas.
- RSH: Registro social de hogares.
- PPR: Polipropileno Random.
- PSAT: Prestador de Servicios de Asistencia Técnica.
- Nch: Norma Chilena.
- SENCE: Servicio Nacional de Capacitación y Empleo.
- SEC: Superintendencia de Electricidad y combustible.
- IV: Inspección visual.
- V: Volumen.

P: Presión.

T: Temperatura.

Q: Caudal.

Q: Calor específico.

VT: Válvula termostática.

UF: Unidad de Fomento.

m.c.a: Metros columna de agua.

Ø: Diámetro.

%: Porcentaje.

\$: Peso Chileno.

A: Área o superficie.

## **B. SIMBOLOGÍA**

m: Metro.

L: Litros.

mm: Milímetro.

L/min: Litros por minutos.

Psi: Libras por pulgada cuadrada.

Bar: Kilogramos de fuerza por centímetro cuadrado.

m<sup>2</sup>: Metro cuadrado.

°C: Grados Celsius.

K: Grados Kelvin

Cal: Caloría.

J: Joule.

m<sup>3</sup>/s: Flujo volumétrico.



## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad se implementan cada vez más instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria en los hogares. En lo cotidiano se logra visualizar varios tipos de sistemas solares térmicos (SST) instalados sobre las cubiertas y tejados de edificios, viviendas unifamiliares, hoteles, instalaciones deportivas, etc. El sistema solar térmico es una energía limpia no convencional. También es barata, eficiente y financieramente rentable a corto plazo.

En el ámbito local, los sistemas solares térmicos de agua caliente sanitaria (SST-ACS), tienen gran proyección en Chile ligados principalmente al sector residencial, mediante proyectos subvencionados por el estado a través de la Ley 20.365 que permite pagar la instalación del SST a crédito y también licitaciones públicas enfocadas en fomentar el uso de energía limpia.

Las instalaciones de agua caliente sanitaria deben ser reguladas y mantenidas para un óptimo funcionamiento, sin embargo, la gran mayoría de estas instalaciones no funciona adecuadamente debido a falta de mantenimiento. El mantenimiento de sistemas solares térmicos es imprescindible para un buen funcionamiento, también permite alargar su vida útil.

Cuando se realiza una instalación de un sistema solar térmico, los especialistas en energía solar no suelen mencionar que este sistema necesita mantenimiento periódico. Los usuarios terminan siendo los más afectados ya que generalmente no poseen los medios para poder solucionar posibles fallas en el SST.

Este trabajo de título aborda la problemática enfocada en el mantenimiento de sistemas solares térmicos de placa plana con serpentín interno, estanque presurizado y sistema natural, de forma que se le entregue al usuario una herramienta de conocimiento para que el usuario pueda resolver problemas ligados a su SST y mantener en buen estado este tipo de tecnología limpia.

La información contenida en este trabajo es útil para el sistema solar térmico, debido a que estos tienen muchas similitudes entre sí. Es importante conocer los componentes, el sistema hidráulico y los fenómenos físicos que ocurren en el SST en cuestión.

La finalidad es realizar o indicar el correcto mantenimiento a personas que lo necesiten.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un plan de mantenimiento a nivel básico para usuario final del SST con circulación natural que use un colector placa plana y estanque presurizado mediante la recopilación de información obtenida gracias a bibliografía y experiencias personales en mantenimiento, con el fin de que los usuarios alarguen la vida útil de su SST.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir el funcionamiento de un sistema termo solar placa plana mediante bibliografía mostrando sus equipos y accesorios.
- Elaborar un plan de operación y mantenimiento para el SST a partir de la comparación de distintos planes existentes en el mercado Chileno.
- Generar un instructivo para que el usuario realice un mantenimiento del SST a nivel básico mediante señalización de averías más comunes y la respectiva explicación de como solucionarlo.



**CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO SISTEMAS SOLARES**  
**TÉRMICOS**

## **1. MARCO TEÓRICO: SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS**

Se muestran equipos, componentes y se realizan dibujos hidráulicos con el fin de enseñar al usuario sobre los diferentes SST que existen en el mercado.

Se da a conocer sobre cómo utilizar la energía solar térmica para agua caliente sanitaria de manera eficiente.

En Chile existe una exponencial oferta de instalación de SST pero una escasa preparación para su uso prolongado en el tiempo, este capítulo se emplea para dar información al usuario sobre los equipos de SST-ACS y así tener el conocimiento necesario para atreverse a proceder a realizar mantenimiento.

### **1.1. Energía solar Térmica**

La energía solar térmica es un tipo de energía no convencional que consiste en aprovechar la energía en forma de calor del sol para calentar agua y así obtener agua caliente sanitaria (ACS) la cual es útil para calefacción o consumo residencial.

### **1.2. Sistema solar térmico**

Un sistema solar térmico está compuesto por un conjunto de equipos y componentes con los cuales se puede captar la radiación solar incidente, y así obtener energía térmica para calentar algún fluido, ya sea agua o líquido calo portador, este sistema puede ser implementado para diversos usos, por ejemplo temperar piscinas, pisos o muros radiantes, entre otros.

#### **1.2.1. Beneficios de un sistema solar térmico**

1. Genera ahorro económico con el uso adecuado.
2. Produce agua caliente sanitaria mediante el sol, sin necesidad de ocupar otras tecnologías.
3. Amplía la matriz energética.
4. Vida útil de un SST es aproximadamente entre 15 a 20 años.

#### **1.2.2. Desventajas de un sistema solar térmico**

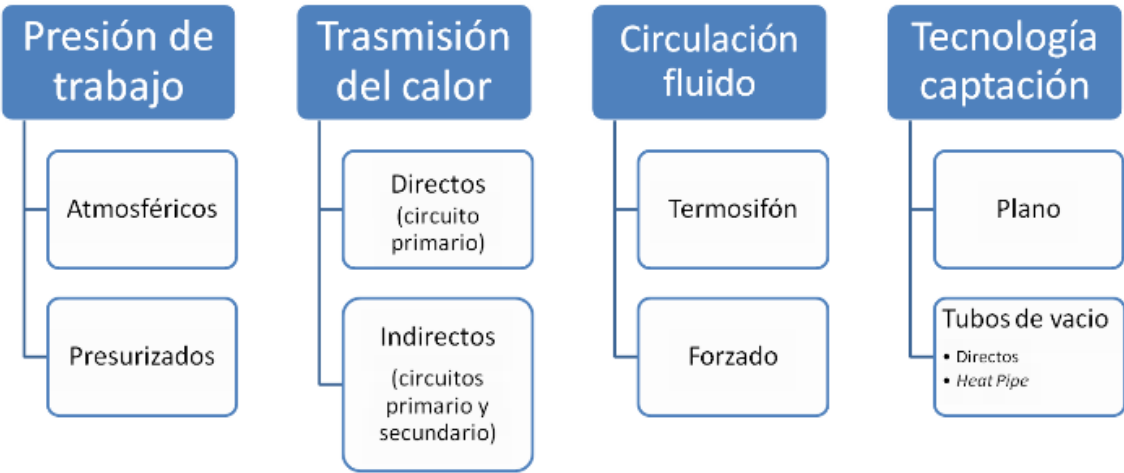
1. Las épocas del año donde existe mayor radiación solar es cuando menos se necesita este recurso.
2. Requiere de mantenimiento para un uso eficiente.

1.2.3. Elementos a tener en cuenta para seleccionar el colector solar más adecuado

Lo fundamental al seleccionar un equipo solar es que cuente con certificación, los materiales que lo componen, el lugar o espacio que ocupan, la claridad del manual, los parámetros del sistema, peso, garantía y lo más importante su costo.

1.3. Tipos de sistemas solares térmicos

Existen diferentes tipos de SST, que trabajan de distintas formas, algunos trabajan con presión de trabajo, con distintas circulaciones de fluido o con diferente tecnología de captación, aunque todos trabajan con transmisión de calor.



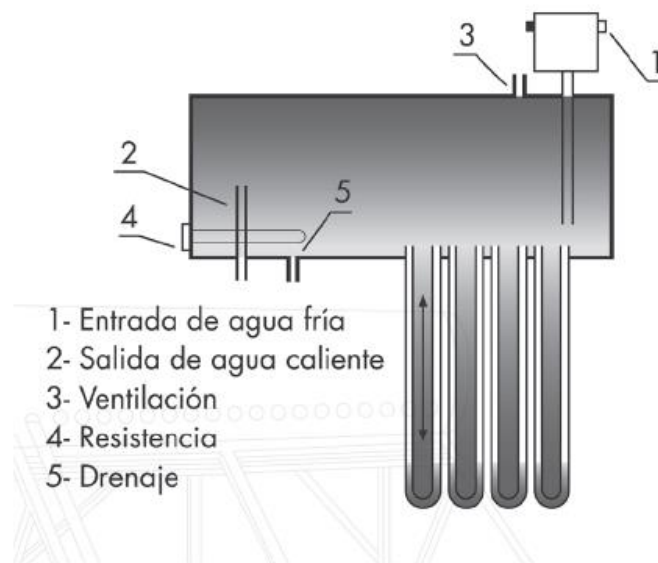
Fuente: <https://www.censolar.org/clasificacion-solar-termica/>.

Figura 1-1. Tipos de clasificación de SST.

### 1.3.1. Estanque atmosférico o no presurizado

En este sistema de calentamiento de agua mediante la energía solar se utiliza un tipo de panel que está formado por colectores de tubos al vacío (vidrio). Los tubos están formados por un colector selectivo, situado sobre un asentamiento reflector y rodeado de un cilindro de vidrio transparente. Existen 2 tipos de captadores de tubos al vacío en este sistema:

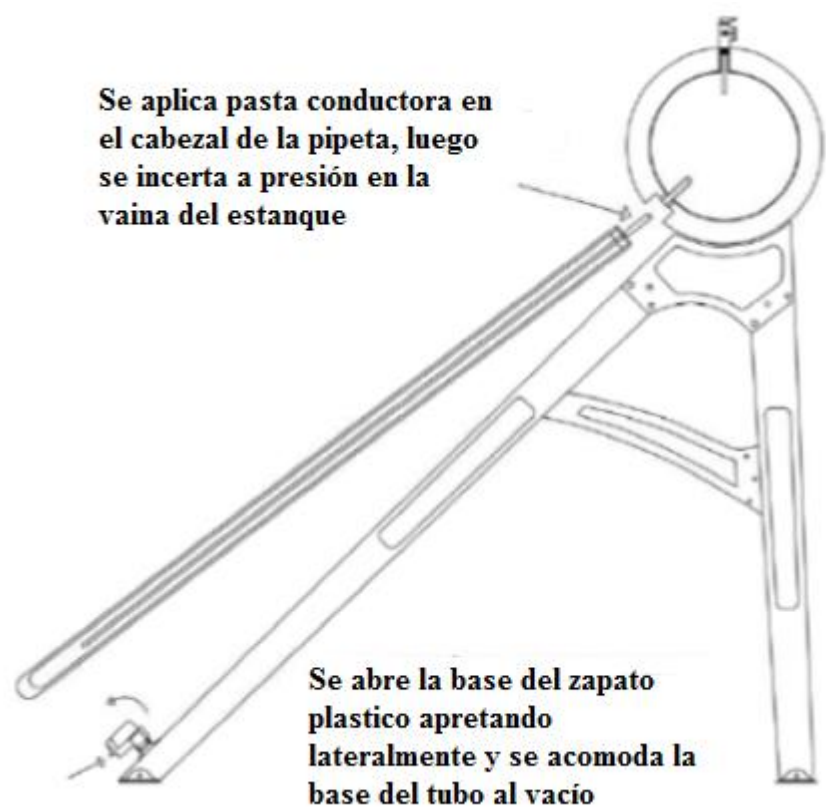
- Colectores solares de vacío con flujo directo: Estos colectores se conectan a un cabezal que da la conexión de los tubos al vacío. Estos se llenan internamente con el agua del circuito primario.
- Colectores solares de vacío Heat Pipe: En este caso, el tubo de vacío contiene un tubo de cobre en el centro sellado y lleno de glicol. Se conecta este tubo al absorbedor del captador solar mediante una pipeta condensadora. La pipeta condensadora hará la función de transmitir el calor captado al circuito primario.



Fuente: <https://www.censolar.org/clasificación-solar-térmica/>

Figura 1-2. Sistema solar térmico atmosférico.





Fuente: [www.esol.cl/files/PCHP18.pdf](http://www.esol.cl/files/PCHP18.pdf)

Figura 1-5. Sistema termo solar con colector de tubos al vacío.

| Tipo de sistema                   | Característica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | funcionamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ventajas                                                                              | Desventajas                                                                    |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema Solar Termico Presurizado | La mayoría de estos sistemas son indirectos, contienen un serpentín o intercambiador de calor dentro de su DA.<br>Contienen Doble capa envolvente el DA para soportar altas presiones, por ende necesitara de reductores de presion, como lo es el vaso de expansion y valvulas de seguridad.<br>Usa 2 tecnologias de captacion, puede ser de tubos al vacio o capa plana | Estos sistemas presentan una circulación natural de fluido de debido al efecto termosifón. Esta circulación se basa en las corrientes de convección que se forman en los fluidos a temperaturas diferentes (que el calor sube) este efecto provoca diferencia de densidad entre los volúmenes de fluido a diferentes temperaturas y almacena el fluido caliente en la parte superior del captador solar. | Mayor eficiencia, durabilidad, confiabilidad y realizacion de un menor mantenimiento. | 1) Precio Elevado.<br>2) Mayor peso, por ende mayor dificultad de instalacion. |

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel.

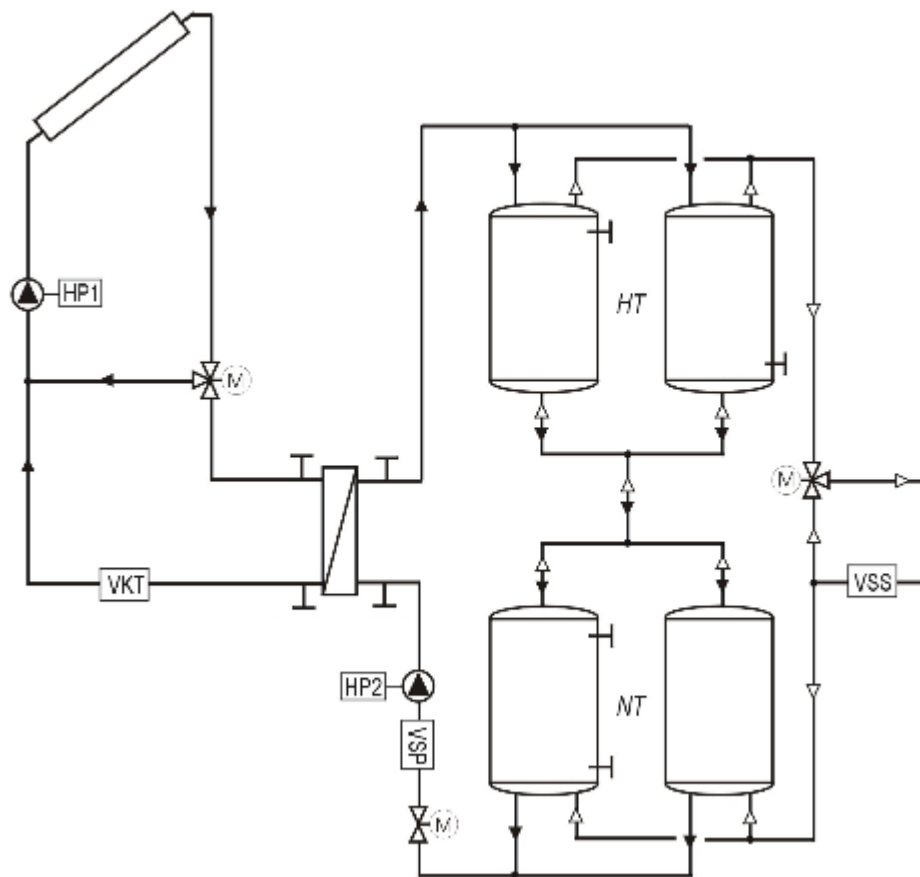
Figura 1-6. Explicativo del sistema solar térmico Presurizado.

### 1.3.3. Sistema solar térmico forzado

En una instalación de energía solar térmica con circulación forzada el agua circula dentro del circuito impulsada por una bomba, contiene uno o varios CS montados sobre el tejado, mientras que el DA de agua se puede posicionar libremente, ya que no necesita diferencia de altura para generar circulación con salida al consumo debido a que la bomba cumple esa función.

En estos sistemas existe también tecnología de captación, existen 2 tipos:

1. Los SST tipo forzado con colector solar térmico.
2. Los SST tipo split (heat pipe).



Fuente: <https://www.censolar.org/clasificación-solar-térmica/>.

Figura 1-7. Diagrama de captación de sistema solar térmico Forzado tipo placa plana.

| Tipo de sistema               | Característica                                                                                                                                                                                                                                                                       | funcionamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ventajas                                                                                                                                                                                 | Desventajas                                                                           |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema Solar Termico Forzado | La caracateristica principal de este sistema es que no necesita un estanque sobre el nivel del colector, ya que posee un acumulador separado del colector llamado estanque vertical por lo cual necesita una bomba de recirculamiento para desplazar el agua o liquido caloportador. | Antes mencionado este sistema contiene un estanque vertical, dentro de este contiene un intercambiador de calor. Estos sistemas tienen 2 tipos de circuitos hidraulicos, que es el primario y secundario como los presurizados. El funcionamiento de este sistema lo hace un controlador digital y una bomba de recirculamiento. | Es bastante eficiente, dependiendo de que tipo de colector se instale, el colector tipo split (heatpipe) es bastante caro, pero es muy eficiente en comparacion al captador placa plana. | 1) Precio Elevado.<br>2) Mayor dificultad de instalacion por cantidad de componentes. |

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel.

Figura 1-8. Explicativa sistema solar térmico forzado.

1.4. Financiamientos para obtener un sistema solar térmico

Existen tres tipos de beneficios y formas de financiamiento: Franquicia, subsidio y Licitación, además se puede financiar de forma privada.

A continuación, se explica cada tipo de financiamiento:

1. Privado:

Esto no es un beneficio, si no que la persona interesada en instalar su propio sistema solar debe realizarlo con un especialista o empresa. Debe pagar el 100% del proyecto y realizar los mantenimientos todos los años de modo particular.

2. Franquicia tributaria:

Esto es un beneficio tributario para empresas constructoras, quienes pueden descontar el costo total del SST, el costo de instalación y mantenimiento de este por durante cinco años, mediante el monto de sus pagos provisionales obligatorios de la ley sobre impuestos a la renta o cualquier otro impuesto o retención.

3. Subsidio para la reconstrucción de viviendas:

En una pronta respuesta por la destrucción de viviendas en los años 2014 y 2015 por los desastres naturales, se impulsó un subsidio destinado a las instalaciones de SST en las viviendas que estén dentro del programa de reconstrucción y tengan facilidad técnica.

Según el ministerio de energía en septiembre del año 2017 se han destinado a cinco mil viviendas con SST mediante el subsidio para la reconstrucción de viviendas.

#### 4. Subsidios del PPPF (Programa de Protección Patrimonio Familiar) del MINVU:

El ministerio de vivienda y urbanismo, junto con el ministerio de energía, creó un subsidio para instalaciones de SST en viviendas sociales existentes, administrados por el programa de protección del patrimonio familiar.

##### Descripción de este subsidio

La postulación a este programa permite mantener y mejorar barrios, entorno, equipamiento comunitario y viviendas (mejoramiento de la vivienda). Esto contempla dos clases de subsidios:

- Seguridad de la vivienda.
- Proyectos de habitabilidad.

Este proyecto va dirigido a Familias cuyo jefe de hogar tenga más de 18 años, en situación de vulnerabilidad social y de grupos emergentes que cumplan los siguientes requisitos:

- Postulen en forma individual o colectiva. En caso de postulaciones colectivas, los interesados deben estar constituidos como grupo organizado.
- Ser propietarios o asignatarios (postulante, cónyuge o conviviente civil) de viviendas SERVIU o construidas por alguno de sus antecesores legales (CORVI, Corhabit, COU).
- Ser propietarios o asignatarios de viviendas sociales, o cuyo valor no exceda de 650 Unidades de Fomento (UF).
- Contar con el ahorro mínimo de 3 UF (por cada persona que postule) depositado al último día hábil del mes anterior al de la postulación.
- Para postulaciones individuales, pertenecer hasta el 60% de la población vulnerable de acuerdo a la calificación socioeconómica establecida en el Registro Social de Hogares (RSH). En caso de postulaciones colectivas, el 40% de los integrantes del grupo pueden pertenecer a porcentajes superiores.
- No haber sido beneficiados (postulante o su cónyuge) con un subsidio de los programas Mantención de Viviendas SERVIU, Mejoramiento de la Vivienda Familiar y su Entorno o del Título III del antiguo subsidio rural.
- No ser propietario (postulante, cónyuge o conviviente civil) de otra vivienda.
- Contar con la asesoría de un Prestador de Servicios de Asistencia Técnica (PSAT).

- Contar con un constructor o contratista inscrito en el Registro de constructores del Ministerio de la Vivienda, para la ejecución de las obras.
- Contar con permiso de edificación de la Dirección de Obras Municipales (DOM), cuando el proyecto lo requiera.

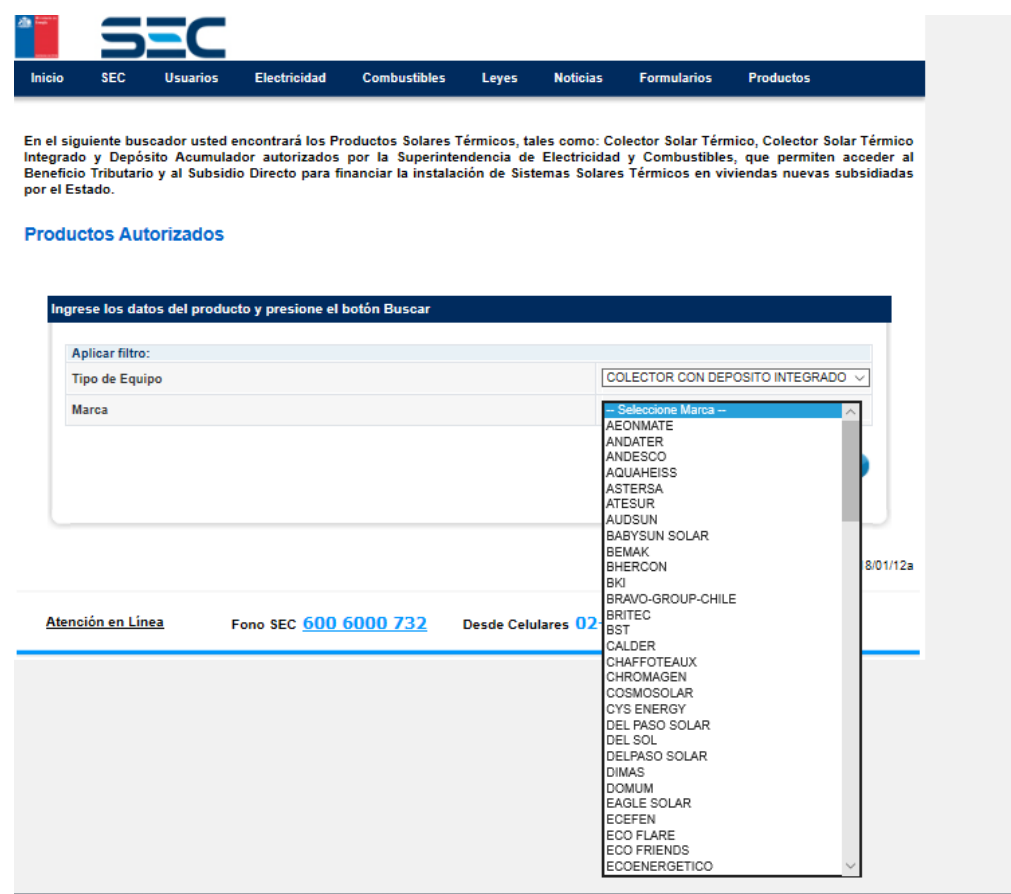
En el marco legal este subsidio se describe en el Decreto supremo N° 255, de 2006, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Este subsidio está ligado a los SST Placa plana, en el cual se centra este trabajo.

Este trabajo profundiza sobre sistemas solares térmicos presurizados con colectores placa plana sistema termosifón (CDI).

### 1.5. Sistemas solares térmicos certificados en Chile

En Chile existe una organización que se preocupa de autorizaciones de tipos eléctricas y térmicas (modo industrial y residencial), además de equipos solares, ya sea Fotovoltaico o Térmico. Esta se llama superintendencia de electricidad y combustibles (sec), es una organización del gobierno que permite acceder al Beneficio Tributario y al Subsidio Directo para financiar la instalación de Sistemas Solares Térmicos en viviendas nuevas subsidiadas por el Estado.

Ellos tienen un buscador para productos solares, tales como CS, DA, entre otros componentes y de distintas marcas como se pueden observar en la imagen.



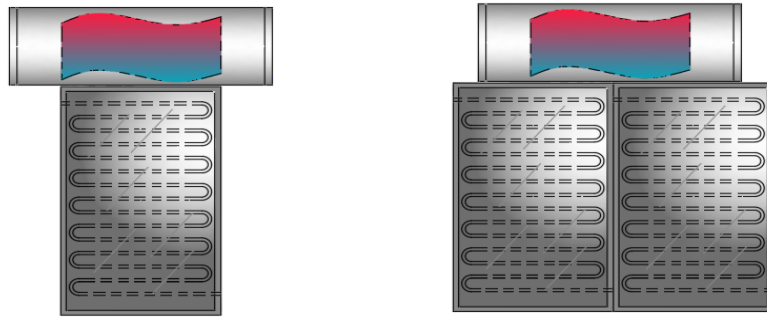
Fuente: <http://wlhttp.sec.cl/BuscadorSST/buscador.do>

Figura 1-9. Buscador de SST colector con depósito integrado.

1.6. SST natural termosifón con CST

Un Sistema solar térmico Presurizado sistema termosifón con CST, es un equipo diseñado y compacto para comercialización como una unidad completa. Este sistema compacto puede tener 1 o 2 colectores solares conectados hidráulicamente (conexión en serie o paralela sea cual sea) dependiendo de la cantidad de litros del depósito acumulador (DA); si el DA tiene un volumen de 150 L necesita un colector de placa plana, por consiguiente, si el DA es de 300 L requiere de 2 colectores.

Estos sistemas son una solución para la obtención de ACS, y son aplicados a viviendas unifamiliares o viviendas sociales, como también en departamentos o pequeños centros comerciales.



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

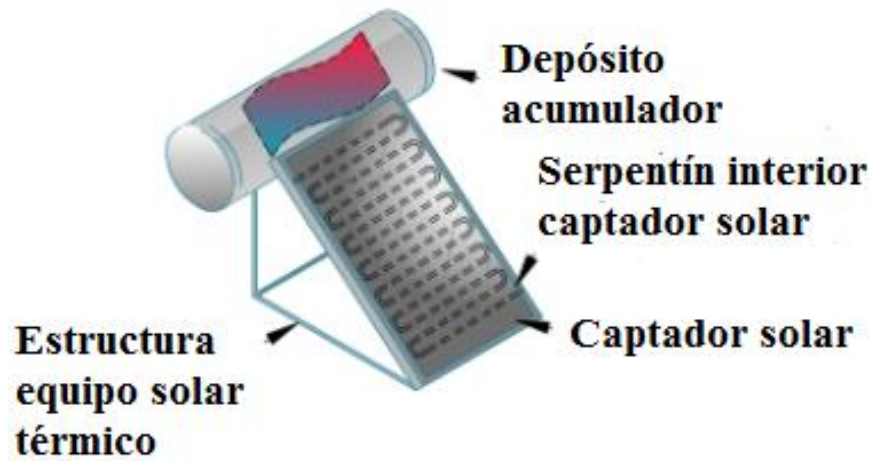
Figura 1-10. Sistema solar térmico presurizado con placa plana.

#### 1.6.1. Componentes básicos de un sistema solar térmico placa plana

Un sistema solar térmico presurizado sistema termosifón placa plana, se caracteriza mayoritariamente por su tecnología de captación y acumulación de calor. Se busca conseguir la máxima eficiencia reduciendo las pérdidas por radiación y convección, ayudando a provocar el efecto invernadero en el colector en caso de colector placa plana. También se debe aislar de manera eficiente para retener la acumulación de calor el mayor tiempo posible.

Este sistema contiene:

1. Un CST (contiene un serpentín de cobre internamente o parrilla).
2. Un DA de agua sobre el captador.
3. Una estructura de fijación.
4. El sistema de intercambio.
5. El sistema de apoyo (auxiliar o de respaldo).
6. La red hidráulica; el sistema eléctrico y de control.



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-11. Componentes básicos de un SST.

### Ventajas

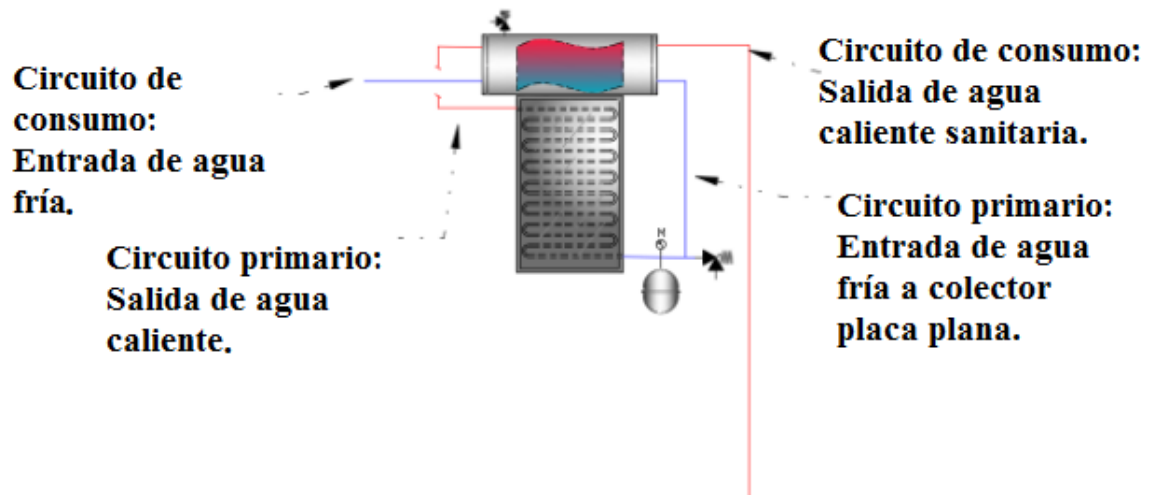
- Las ventajas que tienen los sistemas térmicos presurizados sistema termosifón es que no contienen una bomba o de algún elemento de control. Cabe mencionar que el DA no interfiere en el espacio interior del edificio como los sistemas forzados que contienen bombas de recirculación, elementos de control y depósito que se encuentra en el interior de la vivienda.
- Pérdidas mínimas en circuito primario, por estar a muy poca distancia una de la otra.
- Bajo costo en el equipo, de operación y mantenimiento al sistema.
- No necesita electricidad más que un marcador de temperatura a la salida del agua caliente sanitaria.

### Desventajas

- Una de las desventajas de este tipo de sistemas solares, es la dependencia de la disponibilidad del recurso solar y el consumo de este. Por esto no asegura la temperatura continua al consumo de ACS, eso dependerá del día y la hora. Por tanto, se conecta la salida del DA en serie al equipo auxiliar mediante un calefón solar o paralelamente si es un calefón convencional gracias a una válvula de 3 vías, garantizando el máximo provecho del sistema y haciendo un uso adecuado de este sistema solar térmico.
- Pérdidas en los circuitos hidráulicos, depende de la distancia que debe recorrer el agua dentro del DA al circuito de consumo.
- Pérdidas caloríficas del DA por encontrarse fuera de la vivienda social.

### 1.6.2. Circuitos hidráulicos de un SST Placa plana

- **Primario:** El agua calentada está por sobre el agua fría mediante el efecto termosifón, está se impulsa por un delta de temperatura que genera el CS y el circuito primario del DA.
- **De consumo:** Agua que proviene de la red. Está contenida en el DA del SST donde la temperatura es mayor debido al intercambio de temperatura por el circuito primario.



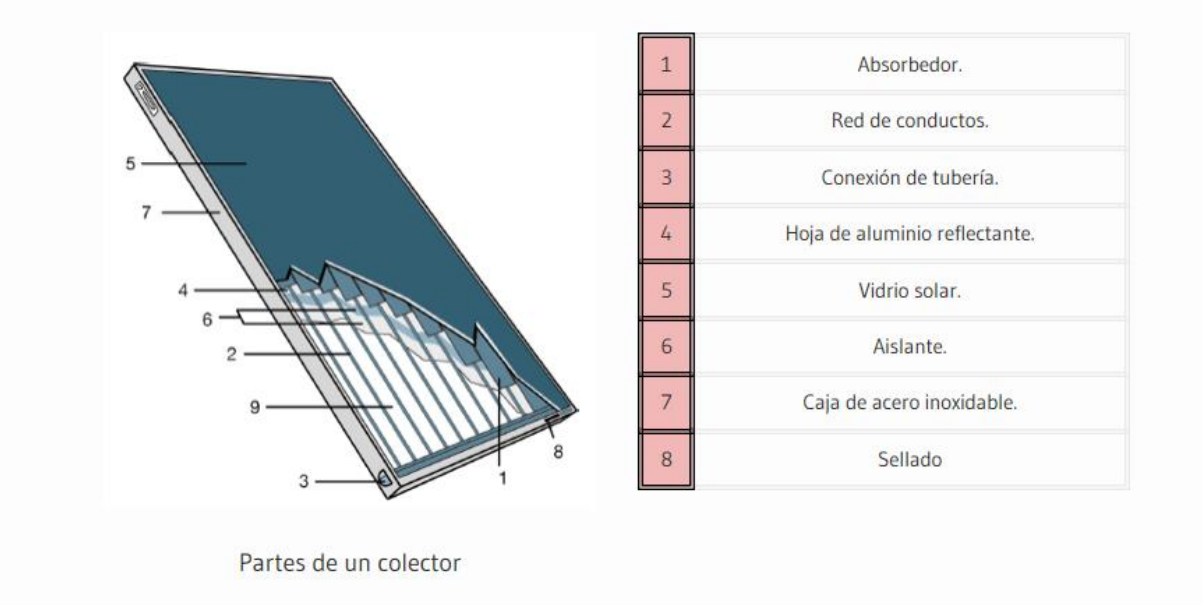
Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-12. Circuitos hidráulicos en SST.

### 1.7. Componentes específicos de un sistema solar térmico MINVU

A continuación, se detallan los componentes que forman un SST placa plana estanque presurizado sistema natural.

Captador placa plana:



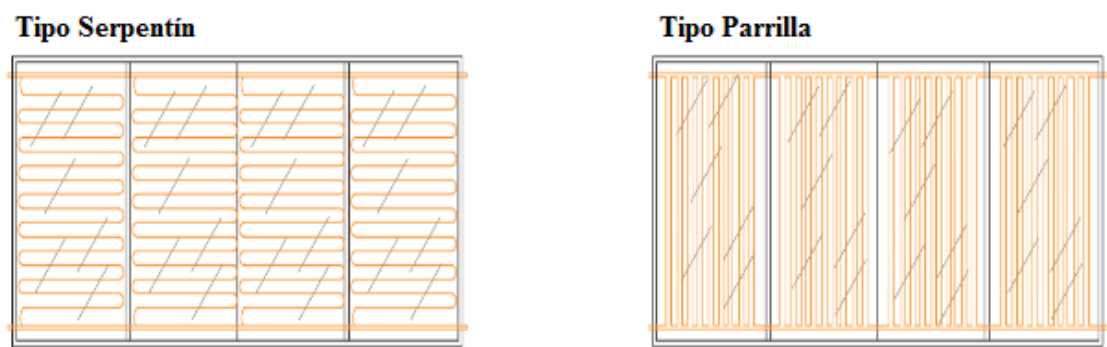
Fuente:<https://certificacionenergetica.info/principales-partes-de-un-colector/>

Figura 1-13. Colector solar placa plana

El CST es el captador de los rayos del sol que transforma la radiación solar en energía térmica (calor), esta energía se transfiere a líquido o agua aumentando su temperatura. Es el principal componente del SST y el elemento más representativo de las instalaciones, además de producir el calor de manera eficiente. El CS debe estar sellado al vacío y diseñado para soportar la intemperie tales como lluvia, nieve, granizo, polvo, etc. y para resistir las altas y bajas temperaturas a las que va a estar sometido. En los CST planos existen 2 diseños interiores para el flujo del agua, los cuales son:

- ❖ Tipo serpentín: Lo principal de este tipo de diseño interior es que tiene pérdidas de presión mínimas por no tener fittings en conexiones internas, solo es una entrada y una salida.
- ❖ Tipo parrilla: En este tipo de diseño interior se contiene muchas conexiones de fitting (TEE) por lo que existen pérdidas de presión del fluido. Por lo mismo existe un uso ineficiente de material por ocupar cierta cantidad de fitting.

Imagen Referencial



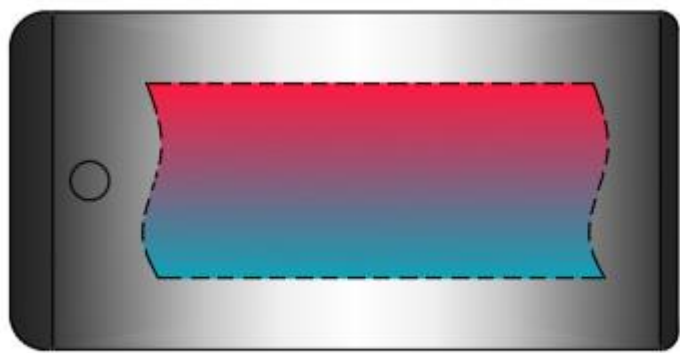
Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-14. Diseño de Serpentin y Parrilla de Colectores solares placa plana.

Este trabajo contempla los colectores solares de capa plana con conexión en serpentin ya que estos son los que propone el MINVU.

- Depósito acumulador(DA)

El DA es un tanque donde se acumula agua caliente para el consumo. Debe tener una entrada desde su parte inferior para agua fría y una salida desde su parte superior para el agua caliente internamente. El tipo de DA que estudia este trabajo es presurizado, funciona por medio de la densidad del agua. Mientras más se calienta el agua menos densidad tiene, por lo tanto, tiende a subir (menos pesada por el efecto termosifón). Mientras que el agua fría tiene menor volumen e igual masa por lo tanto mayor densidad, tiende a estar abajo del agua caliente.

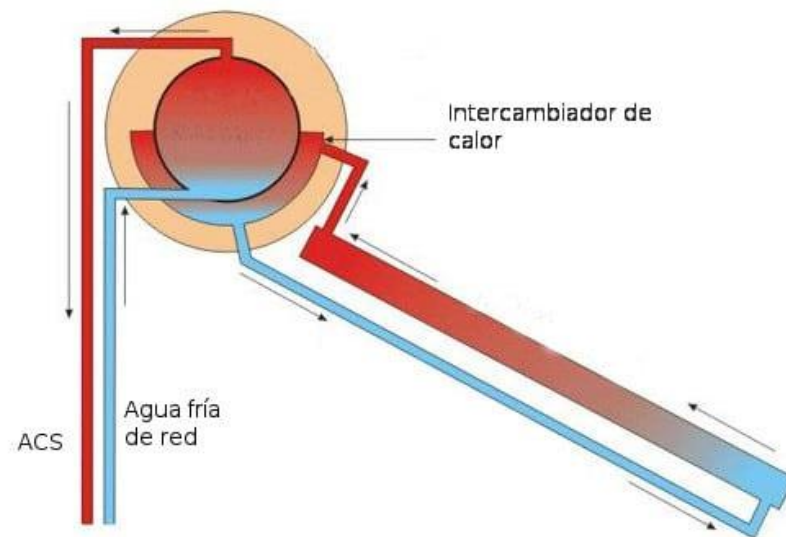


Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-15. Depósito acumulador (DA)

Cabe mencionar que los sistemas solares de capa plana con estanque presurizado no necesitan electricidad para su funcionamiento, porque las entradas y salidas de agua están delimitadas dentro del DA.

El esquema de uno de estos equipos sería así:



Fuente: <https://nergiza.com/sistema-solar-por-termosifon-que-es-y-como-funciona/>

Figura 1-16. Funcionamiento de Convección en SST.

En la anterior imagen el fluido que hay dentro del CST se calienta por la acción del sol, sube al depósito y cede su calor al agua que hay en el mismo a través de un intercambiador, en este caso placa plana, al transferir su calor se enfría y vuelve a la parte baja del panel, repitiendo el proceso mientras incide el sol sobre él.

- Tuberías:

Generalmente se utilizan 2 materiales diferentes, en mayor medida se usa el material polipropileno random (PPR) para hacer el circuito secundario. También se lleva a cabo el manejo y uso de cañería de cobre la cual es implementada para conducir gas hacia el sistema de calefacción auxiliar (calefón). También se debe considerar los siguientes factores para la tubería donde escurre agua caliente sanitaria.

- ❖ Aislamiento: Aislamiento térmico de goma se utiliza como aislante para cañería.

- ❖ Protección UV: Cinta adhesiva para temperaturas extremas 50 mm 50 m aluminio.



Fuente: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=1234](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=1234)

Figura 1-17. Recubrimiento de Tuberías.

Válvulas y componentes esenciales:

- Válvula de alivio:

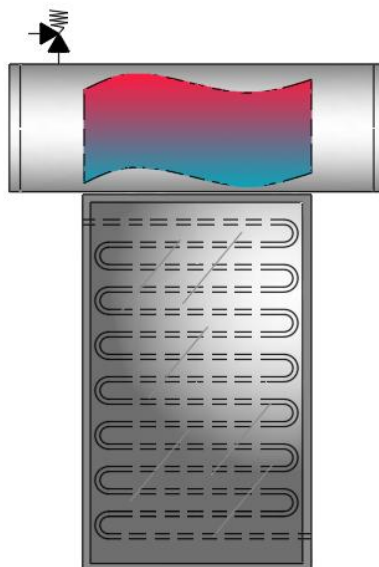
Es conocido que en un ambiente cerrado al aumentar la temperatura se aumenta la presión del sistema, en el caso de los SST cuando se supera la presión de tarado, la válvula abre proporcionalmente al aumento de presión. Existen 2 tipos de válvulas de alivio, pero las que más se observan en los sistemas solares térmicos son las válvulas seguridad de presión y temperatura (ake), y válvula de seguridad de presión.



Fuente: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=59](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=59)

Figura 1-18. Válvulas seguridad AKE.

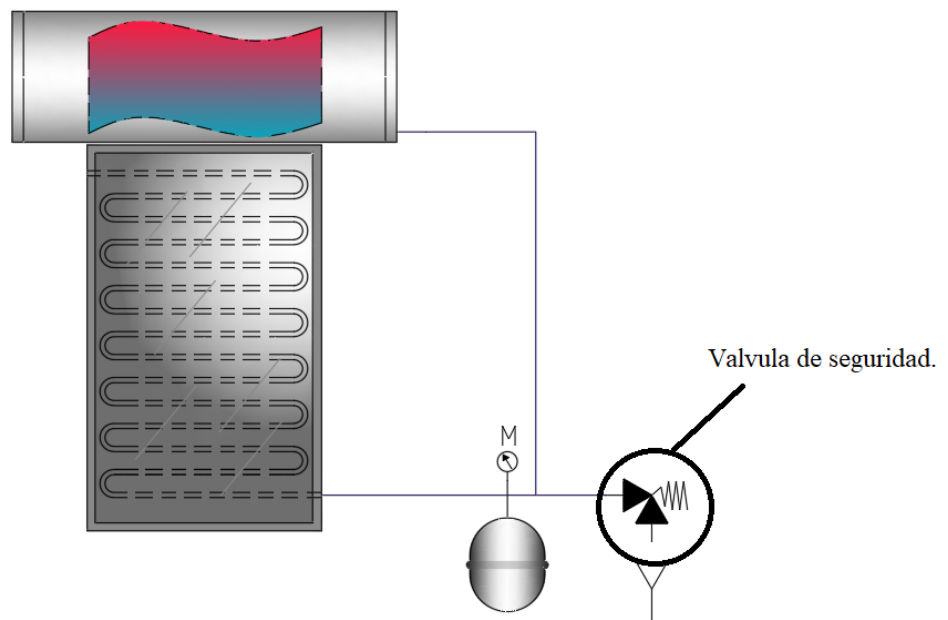
La válvula de seguridad y temperatura se encuentra conectada en la parte superior del DA de agua caliente sanitaria como se muestra en la siguiente imagen:



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-19. Sistema termo solar placa plana con válvula de seguridad.

La válvula de seguridad de presión se encuentra en paralelo con conexión del vaso de expansión (entrada del panel agua fría) como se muestra en la imagen:



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-20. Circuito primario con válvula de seguridad.



Fuente: <https://www.caleffi.com/spain/es/catalogue/valvula-de-seguridad-convencional-conexiones-macho-hembra-con-manometro-314425>

Figura 1-21. Válvula de seguridad con manómetro.

Esta válvula de seguridad y presión, en paralelo con el vaso de expansión aguas arriba del CST, posee una salida que puede ser conducida hacia el exterior para despiche de agua a exceso de presión.

- Válvula de corte:

Una llave de paso o llave de corte, es un dispositivo, generalmente de metal, alguna aleación o más recientemente de polímeros o de materiales cerámicos, usado para dar paso o cortar el flujo de agua u otro fluido por una tubería o conducción en la que está inserto, cabe destacar que este tipo de llave se utiliza para aislar los componentes más importantes, así en caso de falla o mantenimiento no tener que vaciar todo el sistema para reparar o mantener sólo un componente.



Fuente: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=428](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=428)

Figura 1-22. Válvula de corte.

- Válvula mezcladora termostática:

Una válvula termostática (VT) es una válvula autorreguladora que tiene 2 entradas: una de agua fría, agua caliente y una salida que mezcla las temperaturas de ambas entradas. La válvula regula el flujo de agua caliente al consumo pudiendo llegar a cerrar el flujo cuando se alcanza una determinada temperatura seleccionada en la numeración de la cabeza termostática.

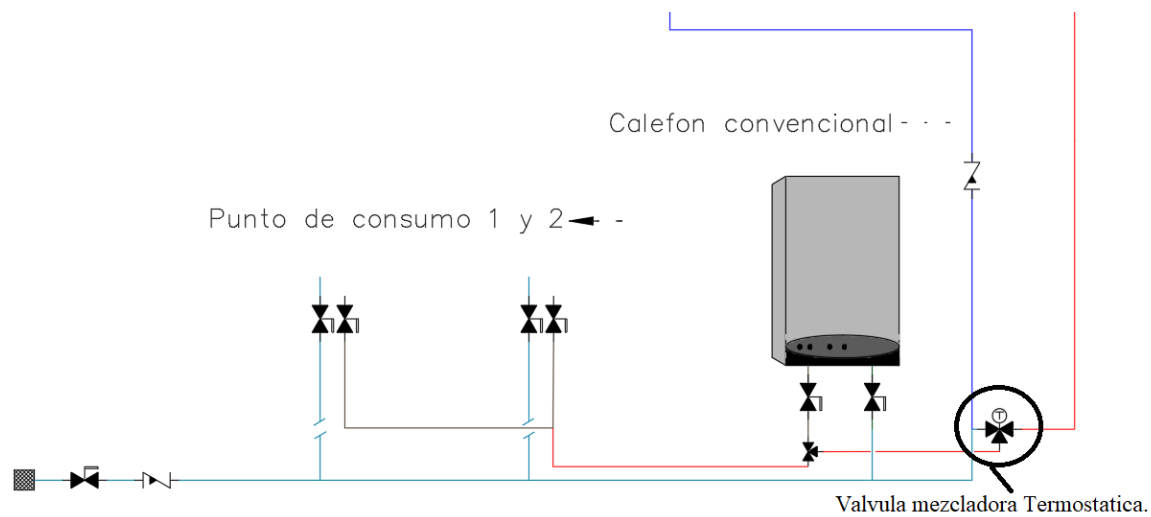
Esta válvula se conecta con la salida de agua caliente del sistema solar térmico y la otra conexión de agua fría se debe hacer mediante la entrada de agua fría del sistema solar térmico por medio de una tee, para que la mezcla de esta válvula se vaya directamente a la conexión de una válvula de 3 vías para el consumo de ACS.



Fuente: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=57](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=57)

Figura 1-23. Válvula mezcladora termostática.

Figura de conexión válvula mezcladora termostática en SST:



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-24. Ubicación válvula mezcladora termostática.

- Válvula manual de tres vías tipo L:

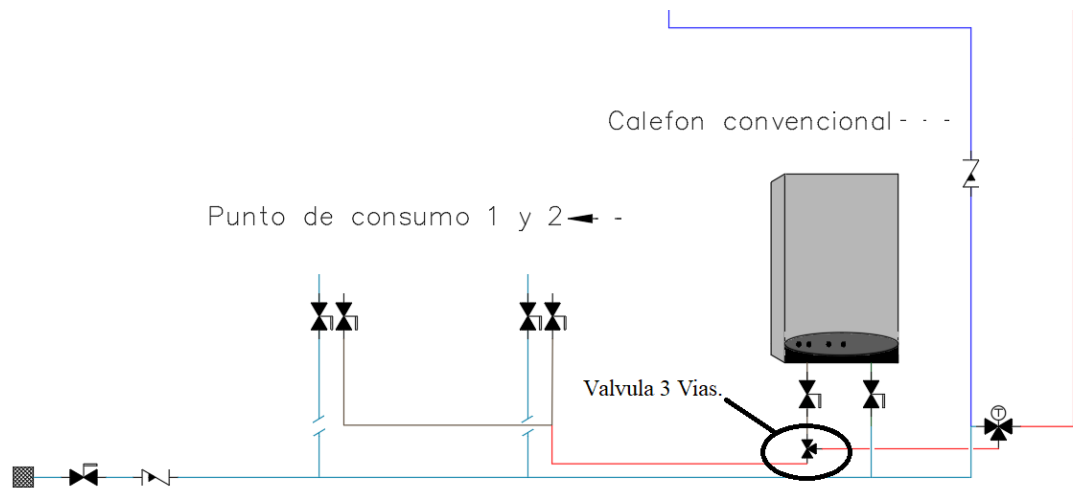
El propósito de una válvula de control de 3 vías es cortar el paso de caudal de agua en una tubería, pero a la misma vez que se abre paso de caudal de agua en otra tubería, para mezclar el agua proveniente de ambas entradas y juntar el fluido en una sola tubería, o para separar agua desde una tubería en dos distintas gradualmente.

Esta válvula se conecta en la salida de un sistema solar térmico y la entrada de un equipo auxiliar. Esto sirve para escoger ocupar entre el SST o el Equipo auxiliar.



Fuente: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=421](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=421)

Figura 1-25. Diseño de válvula de 3 vías para SST.



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 1-26. Ubicación válvula 3 vías en SST.

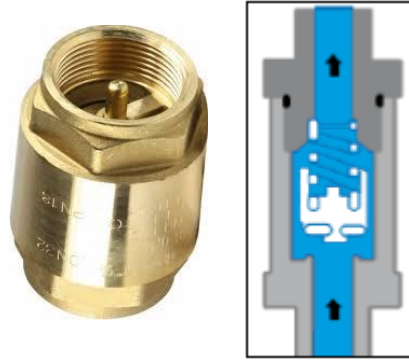
- Válvula de retención o anti retorno:

Las válvulas de retención se utilizan en los sistemas fluidos para permitir flujo en una dirección y para bloquear el mismo en la otra dirección.

Esta Válvula se conecta en la entrada de agua fría del sistema solar térmico, para que no haya un colapso de agua fría al momento de subir al DA y de cerrar el paso del fluido en sentido contrario.

Existen 2 tipos de válvula anti retorno que se utilizan en los sistemas solares térmicos:

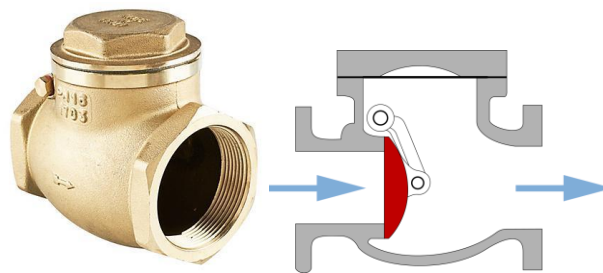
- ❖ Verticales: Estas válvulas anti retorno se caracterizan por tener una alta pérdida de carga debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí, contra las paredes de la tubería que las conduce y por estar evitando dar el paso del agua en sentido contrario en forma vertical. La compuerta se llama obus.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/valvula-antirretorno-o-check-12/>

Figura 1-27. Válvula anti retorno vertical.

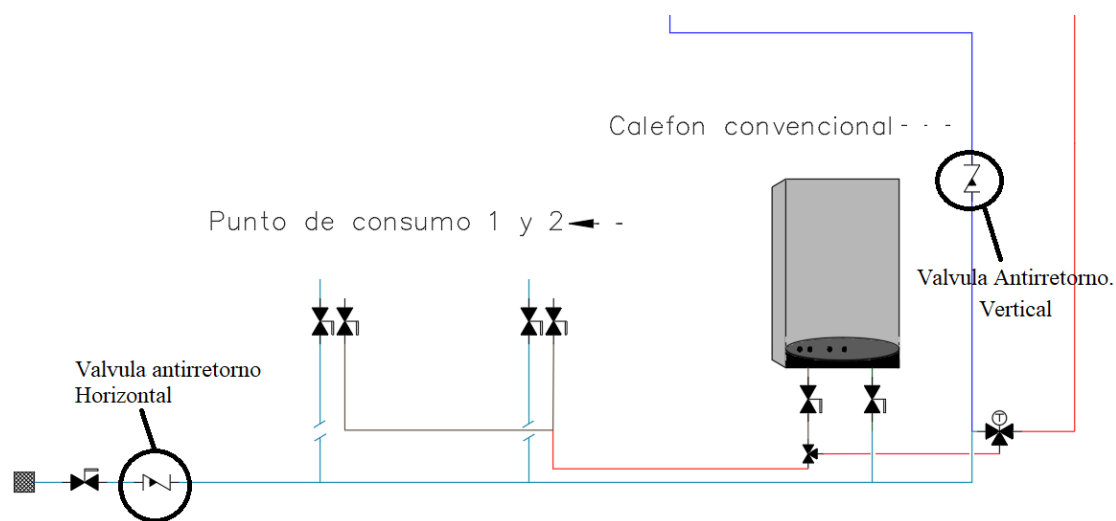
- ❖ Horizontales: Tienen baja pérdida de carga debido a que sigue la línea horizontal del fluido. Estas se caracterizan por tener una compuerta llamada clapeta, su función es dar el paso del agua en un sentido.



Fuente: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=462](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=462)

Figura 1-28. Válvula anti retorno horizontal.

En este caso se utilizan ambas válvulas anti retorno, una vertical y horizontal como se muestra en la imagen:

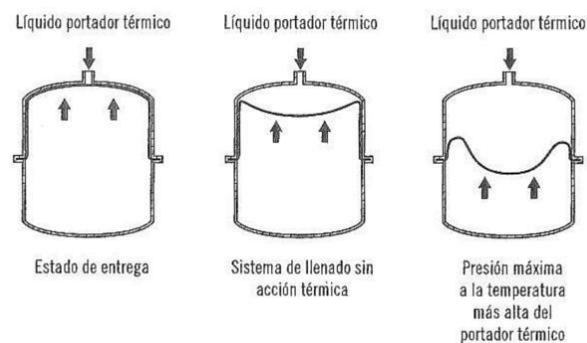


Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 1-29. Diagrama isométrico de válvula anti retorno horizontal y vertical en SST.

● Vaso de expansión:

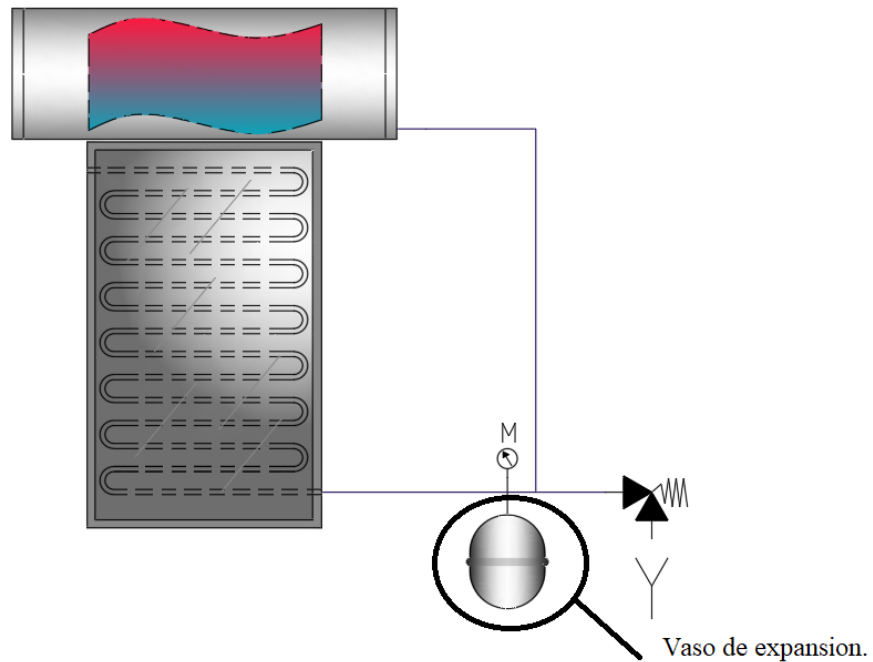
El vaso de expansión absorbe variaciones de volumen del fluido caloportador, el cual circula por los conductos del captador, manteniendo la presión adecuada y evitando pérdidas de la masa del fluido. Es un recipiente con una cámara de gas separada de la de líquidos y con una presión inicial la que va en función de la altura de la instalación. Lo que más se utiliza es un vaso de expansión cerrado con membrana, sin transferencia de masa en el exterior del circuito. Este componente está ubicado en la parte de agua fría del panel como se muestra en la imagen.



Fuente: <https://www.saincal.com/sabes-para-sirve-tu-vaso-de-expansion/>

Figura 1-30. Funcionamiento de vaso de expansión por presión.

Figura de ubicación de vaso de expansión en SST:



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

Figura 1-31. Ubicación del vaso de expansión en SST.

- **Manómetro:**

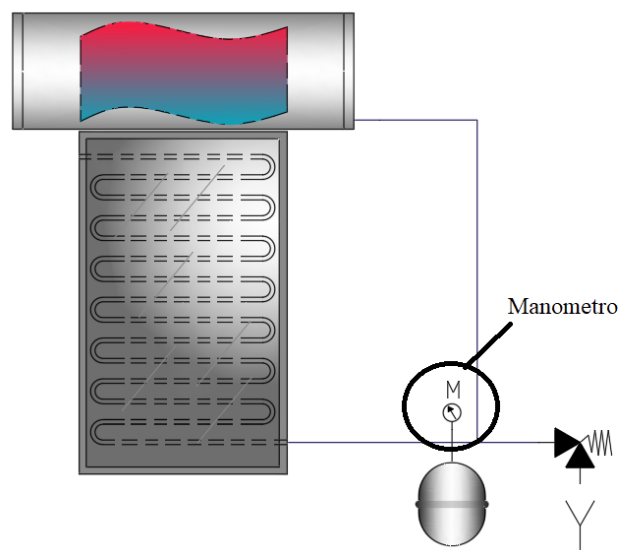
Es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. Su sistema de medición en PSI (fuerza por pulgada cuadrada) y/o BAR (100.000 pascales) con sus respectivas unidades de presión.

Este componente se ubica en paralelo con el vaso de expansión como se muestra en la imagen.



Fuente: <https://www.easy.cl/tienda/producto/manómetro-0-10-bar-manpg1-power-pro-1197444p>

Figura 1-32. Manómetro.



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 1-33. Ubicación manómetro en SST.

- **Ánodo de sacrificio:** La característica principal de este componente es la protección catódica que le da a los componentes metálicos por su larga duración con el contacto del agua, evita la corrosión o impurezas a los componentes metálicos. Este componente está confeccionado de aluminio y magnesio, lo que caracteriza a este componente estar dentro del DA por estar siempre en contacto con el agua. Este componente también es llamado, ánodo de sacrificio o barra de sacrificio.

Nota: Se debe cambiar este componente entre los 6 meses y 1 año, dependiendo de la dureza del agua.

A continuación, el ánodo de magnesio en la primera imagen está totalmente consumido, y como se observa en la segunda imagen se reemplaza por una nueva.



Fuente: Mantenimiento Propio realizado.

Figura 1-34. Ánodo de magnesio en SST.

#### 1.7.1. Materiales para flujo de agua en sistemas solares térmicos

Para poder unir los componentes de un sistema solar se ocupan fittings (adaptadores) y tuberías, la cual pueden ser 2 tipos de materiales que son comunes en los SST: PPR y el cobre.

Una de las diferencias de los materiales son su valor comercial y su forma de conexión. En el caso del PPR es un material barato, fácil y rápido de trabajar. Para trabajar con este material se necesita de una máquina termofusora de PPR para realizar las uniones de un fitting con una tubería, a este método de unión se le llama termo fusión.

En el caso del cobre es bastante caro y su forma de conexión depende de una pasta de soldar, estaño y soplete para realizar las uniones con fittings y tuberías. Este material tiene la ventaja de ser reutilizable, que en el caso del PPR no lo es.

Los fittings más comunes que existen son:

1. **Unión americana PPR:** Es una copla la cual contiene una rosca y permite apretar o aflojar una conexión en una tubería. Este componente se utiliza en las conexiones de una válvula mezcladora termostática, un vaso de expansión, una válvula de seguridad para futuras mantenciones.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/union-americana-20mm-f-f/>

Figura 1-35. Unión americana.

2. **Codos 90 y 45 PPR:** Este fitting es bastante fundamental en las instalaciones de todo tipo, ya sea residencial o industrial, sirve para cambios de dirección en el diseño hidráulico.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/codo-20-mm-45/> ; <https://www.ngp.cl/producto/codo-25mm-90/>

Figura 1-36. Tipos de codos PPR.

3. TEE PPR: Este Fitting sirve para conectar 3 tuberías al mismo tiempo, un ejemplo de este tipo de conexión es cuando se observa en las conexiones de salida de agua caliente del CST se le conecta una TEE para que se conecte una válvula purgadora y la continuación del circuito hidráulico a la válvula mezcladora termostática.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/tee-25mm/>

Figura 1-37. TEE PPR.

4. Coplas PPR: Este fitting sirve para conectar tuberías, un ejemplo es cuando se necesita cortar una tubería instalada larga y volverla a fijar, otro caso es cuando se necesita un tramo de tubería más largo que el estándar de venta establecido.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/copla-20mm/>

Figura 1-38. Copla de PPR.

5. Reducciones PPR: Este fitting sirve para reducciones o incremento de diámetro de cañerías, por ejemplo, un caso es cambiar de una medida de tubería PPR de 25mm a 20 mm.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/copla-reduccion-32-25mm/>

Figura 1-39. Reducción PPR.

6. Terminales HI y HE PPR: Estos fittings son fundamentales en los SST, ya que con estos se realizan las uniones entre CST, válvulas de corte, válvulas de seguridad, válvula mezcladora, DA, calefón, etc.



Fuente: <https://www.ngp.cl/producto/terminal-he-2512/>; <https://www.ngp.cl/producto/terminal-hi-2512/>

Figura 1-40. Terminal HE PPR.

Nota: En casos de fittings de cobre existen las mismas, solo aparecen con una sigla SO que significa que se aplican con soldadura.

### 1.7.2. Equipos auxiliares

Un sistema solar térmico se debe conectar a un equipo auxiliar para complementar su función de ACS. Existen distintos equipos auxiliares como calefón, bombas de calor, calderas, radiadores etc. El más común a nivel residencial es el calefón.

Un calefón es un equipo que calienta el agua de manera instantánea, es decir, aumenta la temperatura del agua en el momento en que vamos a hacer uso de ella. Con un calefón instalado en una casa basta con abrir una llave y automáticamente el agua se comienza a calentar.

### 1.7.3. Tipos de calefón

Existen diferentes tipos de calefón los cuales se clasifican según su funcionamiento y su fuente de alimentación como se encuentran en el mercado. En este caso se clasifican según fuente de alimentación.

1. Calefón eléctrico

Son aquellos que funcionan mediante electricidad. El agua es calentada cuando sea el caso necesario, esto quiere decir que al abrir la llave de agua caliente aumenta la temperatura del agua, por lo que sólo se consume energía en ese momento y no de forma permanente. Este sistema es seguro pero existe un aumento de consumo de energía eléctrica.

Este tipo de calefón se debe conectar a un sistema solar térmico mediante una válvula de 3 vías para evitar dañar el equipo auxiliar por altas temperaturas.

## 2. Calefón a gas

El calefón a gas utiliza este combustible para su funcionamiento. Disponen de una pequeña llama piloto que permanece encendida.

Como recomendación no se debe olvidar que se está tratando con gas y se debe ser cuidadoso.

Este tipo de calefón se debe conectar en paralelo a un SST mediante una válvula de 3 vías para evitar dañar el equipo auxiliar por altas temperaturas.

## 3. Calefón solar

Utilizan la radiación solar para calentar el agua mediante un SST, sin duda es el sistema más eficiente y sostenible. Además, suponen un ahorro importante porque se necesita menos energía eléctrica y combustible para su funcionamiento.

Este tipo de sistema auxiliar para calentar ACS se debe conectar en serie aguas abajo del resto del SST, debe integrar un termostato el cual capte el agua a bajas temperaturas para activar el calefón.

- Ventajas:

Se ahorra una cantidad relevante en combustible para generar energía calorífica, ya que solo se activa cuando el agua caliente desde el SST viene a una menor temperatura a la que se necesita.

- Desventajas:

Tiene un mayor costo de compra, además utiliza una tecnología más avanzada por lo tanto necesita mantenimiento específico, lo cual hace que tenga un mayor precio.

También depende de un SST para funcionar de una manera eficiente sin ocupar otros tipos de energías o combustibles.

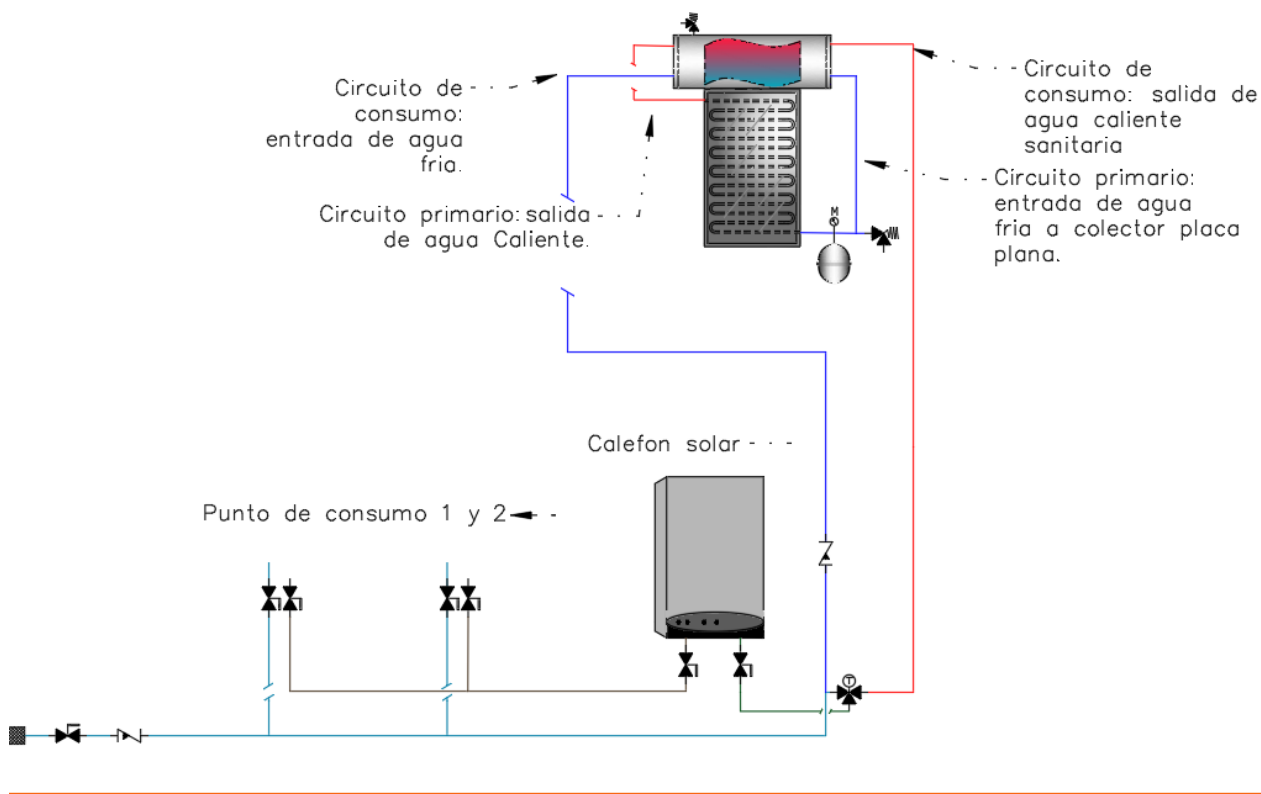
Este tipo de calefón se conecta en serie con el sistema solar térmico mediante una válvula mezcladora.

Al escoger un calefón a implementar como sistema auxiliar para ACS se debe considerar la capacidad que se necesite en las inmediaciones, esto quiere decir que se debe dimensionar la capacidad calorífica del calefón según el caudal que se haga uso, en el caso de una pequeña residencial donde se utilice ACS solo para la ducha, lavamanos y lava vajillas, se considera implementar un calefón de pequeña o mediana capacidad (de 5 L a 13L), en cambio si se necesita mayor energía calorífica como es el caso de una residencial donde se utilicen varias duchas al mismo tiempo se debe considerar un calefón de mayor capacidad (de 15 L o más).

Es muy importante que al momento de realizar la instalación auxiliar ya sea resistencia eléctrica, calefón o calefón solar se trabaje bajo la normativa vigente del gasfiter Decreto Supremo N°66, de 2007, Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores de Gas.

1.7.4. Diagrama Hidráulico SST con equipo auxiliar

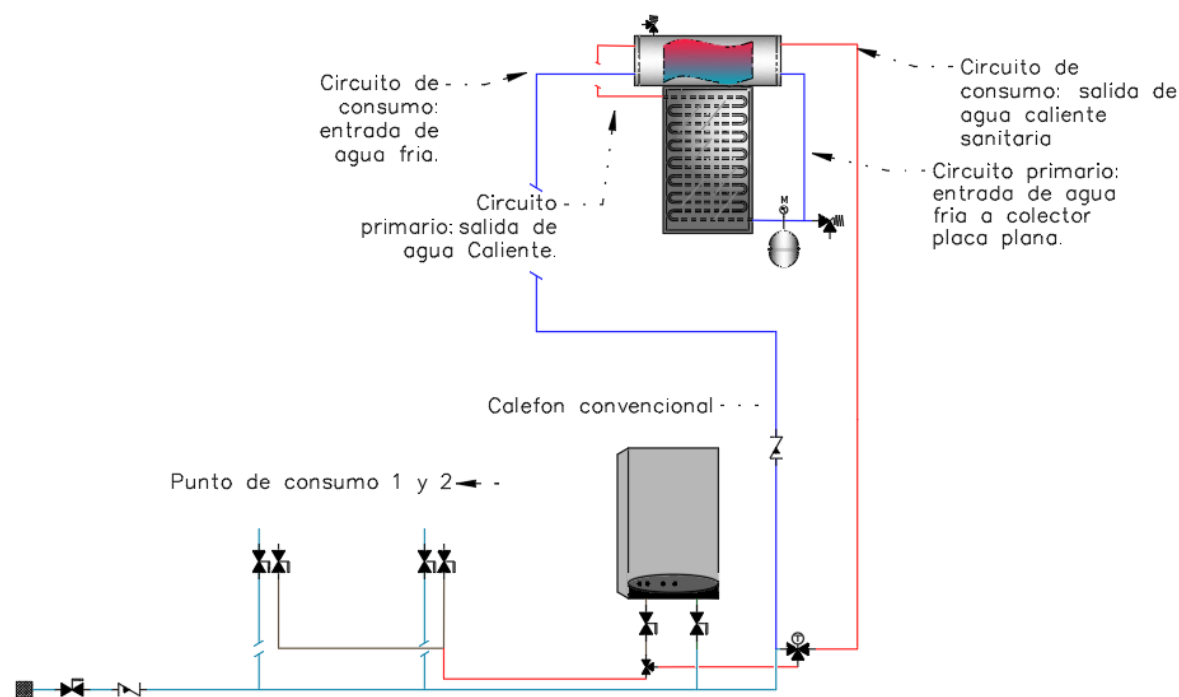
1. Conexión en serie (calefón solar):



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 1-41. Conexión en serie de SST con calefón solar.

2. Conexión en paralelo (calefón convencional y ionizado):



Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 1-42. Conexión en paralelo de SST con calefón ionizado y convencional.

Simbología de diagramas:

SIMBOLOGIA

|                                                                          |  |
|--------------------------------------------------------------------------|--|
| Vaso de expansión                                                        |  |
| Sensor de temperatura                                                    |  |
| Contador de caudal                                                       |  |
| Válvula corte manual                                                     |  |
| Válvula 3 vías termostáticas                                             |  |
| Válvula antiretorno                                                      |  |
| Válvula seguridad                                                        |  |
| Manómetro                                                                |  |
| Valvula de 3 vias                                                        |  |
| Desagüe                                                                  |  |
| Entrada de MAP (incluye llave de corte general, antiretorno, filtro,...) |  |

Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 1-43. Simbología para diagrama isométrico de componentes del SST.

### 1.8. Normativas y leyes en Chile

Las normativas y reglamentos ayudan a establecer parámetros de diseños certificados, otorgando mayor confiabilidad y formalidad al proyecto. Cabe mencionar que, para este trabajo se toman como guía distintas normas y leyes aplicables en sistemas solares térmicos, así como a materiales y procedimientos, que se exponen a continuación:

1. Ley 20.365: Gobierno de Chile, ministerio de hacienda subsecretaría de hacienda; aprueba reglamento de la ley 20.365 que establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos.

Su objetivo es establecer las normas complementarias en relación a los preceptos, límites y condiciones que se señalan en la ley N° 20.365, relacionado con crédito que las empresas constructoras tienen derecho a deducir del monto de sus pagos provisionales obligatorios de la Ley sobre Impuesto a la Renta, por todo o parte del valor de los Sistemas Solares Térmicos y de su instalación que monten en bienes corporales inmuebles destinados a la habitación, contruidos por ellas; como, asimismo, precisar los requisitos mínimos que deben cumplir los señalados Sistemas Solares Térmicos y su instalación; y, en general, regular las demás materias que la ley citada ordena reglamentar.

Las disposiciones de este reglamento regulan el procedimiento administrativo para obtener el beneficio tributario, los requerimientos técnicos de los Sistemas Solares Térmicos y de su instalación y el procedimiento de inspección de dichos sistemas.

<http://centralenergia.cl/uploads/2010/05/Reglamento-ley-20.365-franquicia-colectores-solares-termicos.pdf>

2. RITCH: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios de Chile (desde 2007).

Su objetivo es establecer las condiciones mínimas, que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, enfriamiento, ventilación y producción de agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen, por consideraciones tanto económicas como de protección al medio ambiente y teniendo en cuenta a la vez los demás requisitos esenciales que deben cumplirse en los edificios, y todo ello durante un período de vida económicamente razonable.

Fuente: <http://sitio.cchryc.cl/wp-content/uploads/2019/09/biblioteca-camara-2016-08-002.pdf>

Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365:

Para verificar la procedencia del beneficio tributario establecido en la ley N° 20.365, previamente se debe comprobar el cumplimiento de la contribución solar mínima exigida para el Sistema Solar Térmico (SST). Esta Norma Técnica, en adelante NT, establece el algoritmo para la verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima del SST e indica información pertinente, asociada a cada comuna del país, para dicha verificación.

Esta norma técnica incluye tablas que entregan datos sobre condiciones geográficas, climáticas y de radiación solar dentro de Chile.

Fuente: [http://eventos.cmm.uChile.cl/metrosolar2014/wp-content/uploads/sites/11/2014/01/Norma\\_Tecnica\\_Actualizada9.pdf](http://eventos.cmm.uChile.cl/metrosolar2014/wp-content/uploads/sites/11/2014/01/Norma_Tecnica_Actualizada9.pdf)

### 3. Decreto Supremo N°66, de 2007, Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores de Gas:

Este reglamento establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones interiores de gas, sean individuales o colectivas, abastecidas a través de una red de gas o de envases a presión como asimismo sus medidores de gas, que sean parte integrante de edificios colectivos o casas, de uso residencial, comercial, industrial y público.

Fuente: <https://www.leyChile.cl/Navegar?idNorma=263058>

### 4. Decreto supremo N° 255, de 2006:

El presente Reglamento regula un sistema de subsidio destinado a contribuir al financiamiento de las obras de Equipamiento Comunitario y/o Mejoramiento del Entorno, de Mejoramiento de la Vivienda o de Ampliación de la Vivienda, que cumplan con las condiciones señaladas en este Reglamento.

Mediante resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo, se podrán señalar todas aquellas operaciones o actos que inciden en la aplicación práctica de este reglamento.

Los SERVIU tienen a su cargo la implementación y desarrollo del Programa. Los subsidios se otorgan con cargo a los fondos que se contemplan para este efecto en el presupuesto del SERVIU respectivo, sin perjuicio de lo cual podrán destinarse a estos mismos fines otros recursos que se pongan a disposición del MINVU o de los SERVIU con este objeto.

Fuente: [https://www.minvu.cl/wp-content/uploads/2019/05/DS\\_255\\_06\\_ACT\\_01\\_04\\_10.pdf](https://www.minvu.cl/wp-content/uploads/2019/05/DS_255_06_ACT_01_04_10.pdf)

#### 5. Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación: (RITE).

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

Fuente: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>

#### 6. SEC: La Superintendencia de Electricidad y Combustibles es un organismo del Estado, creado a través de la Ley N° 18.410/1985, para garantizar que los recursos energéticos, Gas, Electricidad y Combustibles Líquidos, no representen peligro para las personas u objetos.

El rol principal de la SEC es velar porque se cumpla la normativa legal respecto a la calidad, seguridad y precio de los servicios o productos de energía (suministro recibido).

Es así que la SEC fiscaliza desde el punto de vista legal y técnico a quienes participan en la generación, producción, almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos, gas y electricidad.

**CAPÍTULO 2: MANTENIMIENTOS DE SISTEMAS**  
**TERMOSOLARES CAPA PLANA**

## **2. MANTENIMIENTOS DE SISTEMA TERMOSOLAR CAPA PLANA**

En este capítulo se elabora una recopilación de los diferentes tipos de mantenimientos que se aplican en los SST.

Se desarrolla un plan de operación y mantenimiento para el técnico mantenedor con recomendaciones y tablas para guiarse en este proceso.

Se expone cada función a realizar para llevar a cabo reparaciones y soluciones a posibles fallas en los SST.

### **2.1. Definición de mantenimiento**

El mantenimiento es la conservación de un equipo, componente o artefacto en buen estado o en una situación determinada para evitar su pérdida total o deterioro.

Por esto los equipos y componentes son una parte fundamental. No solo permiten que se mantenga el funcionamiento estable, sino que también se pueda proveer a las personas de manera segura, continua y eficiente. También es una manera de mantener al operador seguro y evitar accidentes que puedan producir un riesgo.

Existen varios tipos de mantenimiento y clasificación. La clasificación del mantenimiento tiene que ver con el plan que se realiza, entre los planes se encuentran los mantenimientos planificados y no planificados.

El planificado aumenta la seguridad de los técnicos y no pone en riesgo a las personas. En cambio, los no planificados son aquellos que se tienen que hacer de emergencia cuando el equipo falla.

Por eso es imprescindible que el mantenimiento sea planificado conteniendo una buena gestión que ayuda a evitar problemas a la larga.

### **2.2. Tipos de mantenimiento**

#### **2.2.1. Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento se trata de corregir los errores del equipo o componente cuando fallan por el uso y el desgaste. Son planificados, cuando se identifica el desgaste de componente o equipo se tiene considerado en el plan de mantenimiento. Son no planificados, cuando el componente falla en un momento inesperado o antes de lo previsto.

### 2.2.2. Mantenimiento preventivo

También llamado mantenimiento planificado, este se realiza para evitar averías o algún error inesperado por desgaste de material.

Con esto se evita realizar mantenimiento correctivo inesperado, y se facilita el funcionamiento continuo del equipo.

### 2.2.3. Mantenimiento predictivo

Se considera mantenimiento planificado total, ya que es un monitoreo en profundidad del equipo, esto sirve para predecir una falla antes que esta se produzca. Se realizan mediciones de consumo de energía, tomas de vibraciones y temperatura del equipo entre otros parámetros. Este es uno de los tipos de mantenimiento que más se implementa en la industria.

La desventaja es que se necesita una considerable inversión inicial en herramientas necesarias para realizar este tipo de mantenimiento.

### 2.2.4. Mantenimiento cero horas u overhaul

Consiste en tareas y procedimientos que dejan la máquina a cero horas de funcionamiento. Esto quiere decir que, cuando ya está comenzando a bajar el rendimiento del equipo, se sustituyen todos los componentes necesarios hasta que si fuera totalmente nueva. Este tipo de mantenimiento sirve para asegurar una larga vida útil del equipo. Este mantenimiento se puede aplicar en equipos de mayor valor, que sean difíciles de sustituir o que se necesite de su funcionamiento continuo.

### 2.2.5. Mantenimiento en uso

Este tipo de mantenimiento lo realizan los operadores hacia los equipos que ellos controlan, es similar a un mantenimiento preventivo, lo cual consiste en limpiar el equipo y realizar observaciones de parámetros de la máquina, ya sea temperatura, vibración, entre otros.

## 2.3. Recopilación de distintos mantenimientos a SST para ACS

Cabe mencionar que se observan mantenciones que se aplican a los sistemas solares térmicos con capa plana estanque presurizado sistema natural.

### 2.3.1. Mantenimiento preventivo en sistemas solares térmicos

Para la mantención preventiva se debe realizar operaciones de inspección visual y control para cada funcionamiento de los elementos y componentes mecánicos del sistema, que aplicados a la instalación deben permitir las condiciones de funcionamiento, prestaciones,

protección y durabilidad de la instalación. Las mantenciones preventivas se deben realizar cada un año.

### 2.3.2. Mantenimiento correctivo en sistemas solares térmicos

El plan de mantención correctiva contempla todas las operaciones necesarias para resolver fallas y problemas que entorpecen el adecuado funcionamiento del SST, generalmente detectadas durante el plan de vigilancia o la mantención preventiva cuando se efectúan adecuadamente.

Las fallas más habituales están relacionadas con la presurización de circuitos, el sistema de control, la circulación de fluido, las pérdidas térmicas y el cambio de componentes mecánicos por la dureza del agua. Los problemas que pueden existir por mal dimensionamiento y diseño de sistemas o componentes se manifiestan con cualquiera de las fallas anteriormente relacionadas por lo que, en caso de que sean recurrentes, deben verificarse las condiciones de diseño y de funcionamiento del SST.

Se recomienda que, para cada instalación, se realice un manual de mantención que incorpore, completamente detallado, un plan de detección de fallas y un procedimiento para solucionarlas de acuerdo con los criterios expuestos anteriormente.

Las decisiones sobre reparar o sustituir componentes defectuosos de la instalación se adoptarán tomando en consideración el costo de ésta y del componente nuevo, los plazos de disponibilidad y el grado de importancia del componente.

## 2.4. Plan de operación y mantenimiento para el técnico instalador

Antes de realizar los procedimientos de operación y mantenimiento se deben tener en cuenta una serie de indicaciones generales y específicas:

Indicaciones generales:

1. Los profesionales que inspeccionan deben contar con elementos y procedimientos de seguridad descritos en la sección 3.1.2 de este trabajo seguridad y precauciones.
2. El incumplimiento del correcto funcionamiento del SST, es causal de rechazo de la instalación solar térmica por parte de SERVIU.
3. Se debe realizar revisión de características de los equipos antes de hacer los procedimientos de operación y mantenimiento.
4. Se debe disponer de herramientas descritas en la sección 3.2.7. de este trabajo para realizar plan de operación y mantenimiento adecuado.

Indicaciones específicas:

1. Revisión de diagrama hidráulico al momento de realizar un mantenimiento de un SST, si no existe, se debe hacer uno propio.
2. Revisión de temperatura del sistema y componentes mecánicos (con termómetro).
3. Revisión de presión del SST mediante manómetro instalado en vaso de expansión.
4. Revisión de condición del SST ya sea suciedad, funcionamiento, diseño y calidad de la instalación.

Seguir los pasos del plan de operación y mantenimiento de SST, que se mencionan a continuación en este trabajo.

Para lograr una buena operación y mantener un SST se deben realizar una serie de pruebas para verificar que la instalación esté en buenas condiciones. Las pruebas son:

- Pruebas de llenado de circuitos:

Después de realizar la instalación de un SST se deben hacer las pruebas necesarias para asegurar esté en buenas condiciones. Para esto es necesario limpiar todos los circuitos hidráulicos. Luego se realiza la prueba de limpieza de red y estanqueidad para revisión de fugas. Finalmente se llena el SST con presión de red de agua potable y se observa al cabo de unos minutos para revisar la presencia de fugas.

En resumen, en esta prueba se llena el sistema de agua para purgar el aire y finalmente el SST se somete internamente a la presión de agua potable de red.

- Limpieza de la red hidráulica:

La limpieza se realiza al instalar el SST y sirve para eliminar basura que pueda tener internamente el sistema de cañerías y componentes.

La limpieza se efectúa mediante la técnica de llenado y vaciado del sistema hasta que no se obtenga basura proveniente del SST.

- Pruebas de estanqueidad:

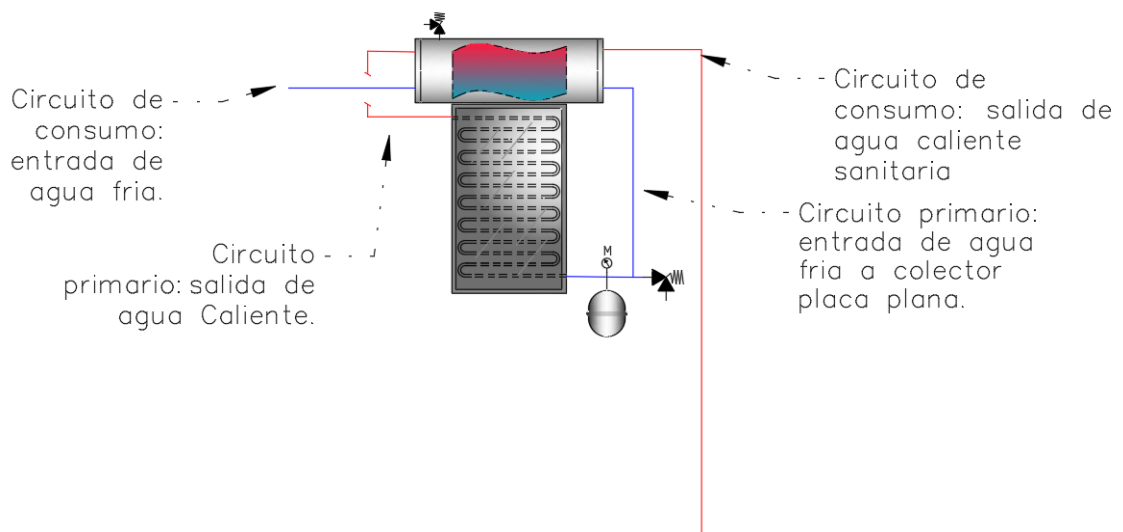
La prueba consiste en encontrar fugas en el SST (circuito primario y secundario) y debe tener una duración de 1 hora aproximadamente para poder verificar la estanqueidad de todas las uniones del sistema.

En el caso de encontrar fugas en fittings, se deberá reparar con material nuevo. Luego de hacer todas las reparaciones necesarias se volverá a realizar la prueba de estanqueidad,

repitiendo este proceso las veces que sea necesario para que la red de agua no presente ninguna fuga.

- Procedimiento de llenado del SST:

A continuación, se detalla el proceso de llenado para una instalación de SST. El orden adecuado para el llenado de las partes del sistema es el siguiente:



Fuente: Propia realizada en software AutoCAD.

Figura 2-1. Circuito primario y secundario de SST.

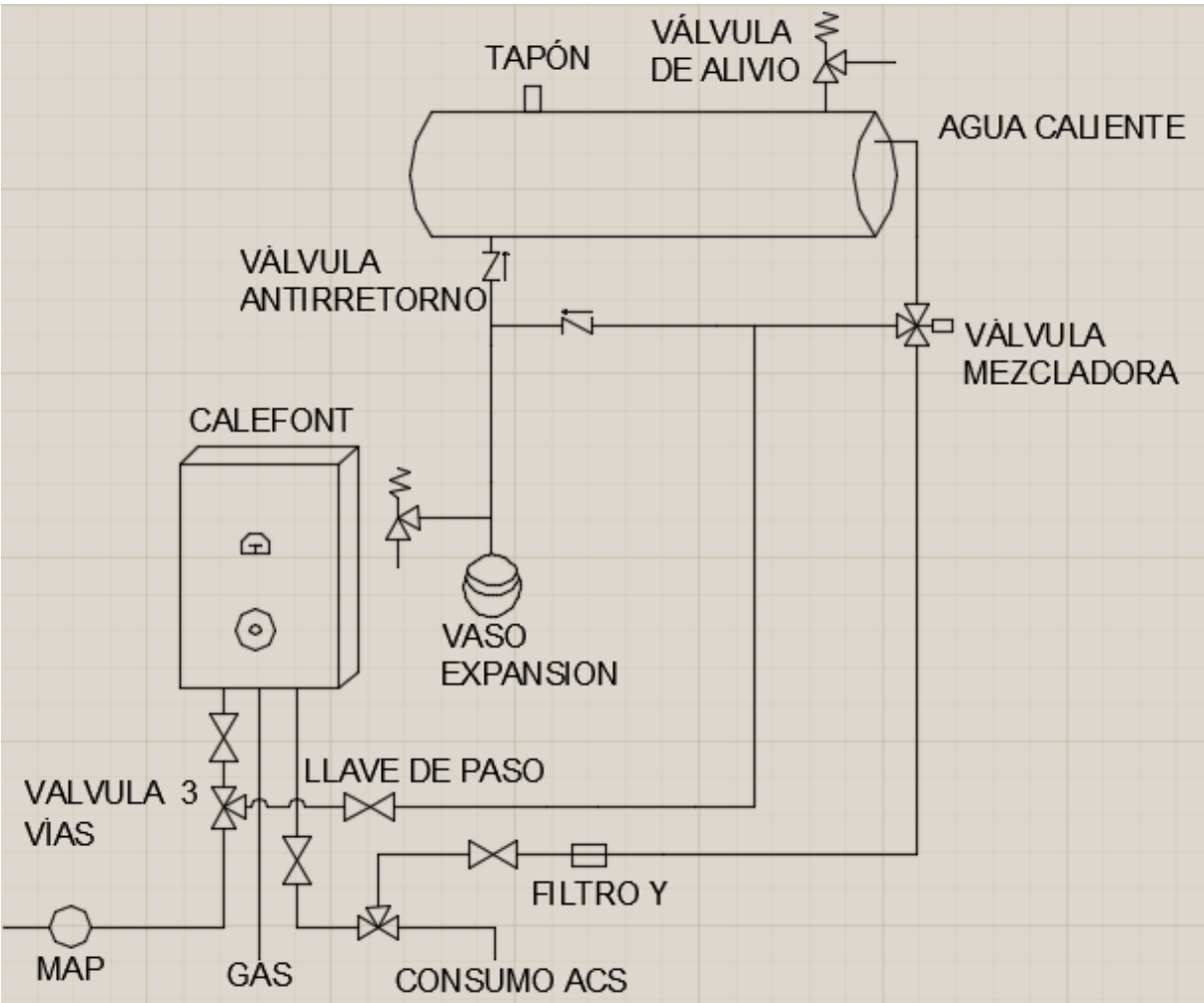
Se recomienda llenar el circuito primario por la mañana temprano, cuando no incide sol, con la finalidad de:

1. Facilitar la purga y evitar temperatura elevada de fluido.
2. Para dejar el circuito primario a la presión mínima de llenado.

Para llenar el sistema de agua, se debe abrir la válvula de alimentación del SST, cambiar la configuración con válvula de 3 vías en el caso que sea calefón convencional y abrir los purgadores o llaves de consumo de agua caliente para poder sacar el aire del sistema. Se cierran las llaves de consumo cuando salga agua sin aire.

El agua fría pasa por el vaso de expansión, que evita sobrepresión cuando entra al DA, luego el agua pasa hacia el CST que contiene un serpentín, donde se le entrega la energía solar en forma de calor. El agua por temperatura entra al DA, cabe mencionar que el movimiento del agua por el circuito primario se produce por el principio de convección natural, donde el agua al calentarse por el CST se dilata aumentando su volumen, y por tanto disminuye su densidad. Al pesar menos, el agua asciende hacia la parte alta del circuito donde está el DA, mientras que el agua más fría en el DA, con mayor densidad, tiende a bajar hacia la parte baja del circuito primario.

El agua caliente sanitaria dentro del depósito acumulador sale por la parte superior para ser utilizada en los consumos de la casa.



\*MAP: Medidor agua potable

Fuente: Propia Software AutoCAD

Figura 2-2. Diagrama isométrico de SST.

- Purga completa de los circuitos:

Cuando se realiza el proceso de purga se debe evacuar todo el aire de la instalación y es necesario asegurar que todo el SST esté completamente lleno de agua y vacío de aire.

Para realizar la purga se deberá observar si al abrir la llave de consumo de ACS solo sale agua caliente o aire con ACS. Si sale ACS se deberá dejar presurizado el circuito y listo para su funcionamiento. Si en los consumos sigue saliendo aire hay que volver a hacer circular el agua y repetir la purga del SST.

- Operación final SST antes de la puesta en marcha

Una vez listos los circuitos, se deben revisar los siguientes componentes antes de la puesta en marcha del SST:

1. Válvulas de seguridad se encuentran instaladas y en buenas condiciones.
2. Válvulas de corte funcionan correctamente y su posición abierta o cerrada sea la adecuada para una buena operación.
3. Revisión de termocupla en DA y cable conductor de señal hacia el marcador debidamente peinado (no debe pasar cerca de fuente calorífica)
3. Revisión en marcador digital de temperatura del SST, entregando valores adecuados al calentamiento del sistema.
4. Revisión estructura con buen torque (apretada), anclada al techo y no corroída.
5. Revisión de aislamiento adecuado en Fittings o tuberías.
6. Revisión apriete de uniones, roscas, válvulas, vaso expansión, entradas y salidas del DA y CST.

#### 2.4.1. Procedimiento de mantenimiento en caso de fallas

Si en condiciones normales de operación se detecta un funcionamiento inadecuado del SST se deberá considerar que existe alguna falla de la instalación y debe procederse a su mantenimiento.

Los problemas que se podrían presentar comúnmente relacionados al SST son la presurización de circuitos, el sistema de control, la circulación de fluido o las pérdidas térmicas.

Se deben revisar:

- La alimentación de agua fría a presión de red mediante manómetro (entre 8 a 25 m.c.a.).

### 1. Presurización del circuito

Si se observa y se detecta que las presiones de los circuitos están fuera del rango ya establecido, es porque se ha perdido fluido del circuito y puede que se produjera algunas siguientes fallas:

- La válvula de seguridad opera por falla debido a no poder contener la presión de la red.
- El circuito contiene alguna fuga, de ser así no está presurizado.

Para solucionar estas fallas se deben verificar la estanqueidad del circuito y el funcionamiento de las válvulas de seguridad.

### 2. La estanqueidad del circuito:

Se debe localizar las posibles fugas, reparar, y luego se realiza nuevamente la prueba de llenado, purga y presurización. Antes de buscar fugas en las tuberías se debe revisar todas las válvulas y uniones en cada punto del SST. Si no se encuentra el lugar exacto de la fuga o está oculta por el aislamiento, se debe presurizar el circuito para forzar la salida de agua, al encontrar la salida se cortan las llaves de paso de agua más cercanas y se procede con la reparación.

### 3. Las válvulas de seguridad y vaso de expansión:

Aunque la actuación de una válvula de seguridad es normal en el procedimiento de una instalación del SST, a veces puede fallar. Su mal funcionamiento debe estar asociado a un incorrecto comportamiento de algún componente del SST:

- La válvula de seguridad puede estar en mal estado por mucha presencia de sarro o quedar mal cerrada.
- El vaso de expansión puede tener una presión no habitual, para eso siempre chequear el vaso mediante el manómetro conectado en paralelo. Otra causa de este error es que puede haberse roto la membrana elástica, en ese caso comprar una nueva.
- El sistema de llenado puede haber fallado y esto pasa por que la válvula de seguridad no puede retener la presión mínima del SST.



Fuente: Fotografía de un mantenimiento propio.

Figura 2-3. Válvula seguridad AKE tapada por mucha presencia de cal.

Nota1: Para solucionar presión de vaso de expansión, se debe llenar con aire en la parte inferior de este conectándose con la válvula francesa (conocida también como pituto), se puede ocupar un bombín de bicicleta si se tiene un manómetro conectado o compresor para entregar una presión adecuada (sobre 0,3 bar).

Nota 2: Para cambio de membrana, se abre el vaso de expansión, se saca el agua del interior, se saca la membrana, se reemplaza y se aprieta nuevamente. Llenar con presión de aire.

#### 4. Pérdida de Temperatura:

Si se detecta que existe muy poca temperatura en los consumos, debe ocurrir que:

- Comprobar que las tuberías y fittings de agua caliente no tengan tramos sin aislamiento térmico, ya que el fluido estaría perdiendo temperatura constantemente.
- Comprobar que el circuito primario esté lleno de glicol.
- Comprobar temperatura de salida de válvula mezcladora, si está a tope sacarla y revisar que se encuentre en buen estado (sin presencia de sarro) si lo está, hacer limpieza. Si es inoperable se debe cambiar este componente.

#### 5. Consumos ACS con tierra:

Si se detecta barro o tierra en la salida de consumo de agua en el SST, se debe realizar lo siguiente.

- DA internamente con tierra, para esto se debe cortar el agua de paso al SST, sacar conexiones hidráulicas del DA y limpiarlo internamente mediante hidrolavadora.

#### 6. Corrosión en SST y estructura auxiliar:

Si se detecta corrosión en SST, normalmente ocurre::

- Ánodo de magnesio totalmente consumido, se necesita urgentemente cambio a este componente.
- CST con corrosión pierde vacío y se necesita cambiar.
- Si se detecta corrosión en la estructura auxiliar del SST, se deberá lijar y pintar abundantemente con anticorrosivo.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 2-4. SST Placa plana con Estructura auxiliar.

### 2.5. Procedimientos de mantención preventiva y correctiva

| Elementos           | Operación                                                       | Descripción                                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área captadora      | Limpieza por sobre la cubierta de vidrio y el marco, o tubos.   | Se debe retirar la acumulación de polvo excesivo mediante el procedimiento indicado por el fabricante.                                                        |
|                     | Inspección visual del vidrio                                    | Verificar presencia de condensación, grietas y fisuras. Para el caso de tubos, verificar que no exista coloración blanca en los extremos.                     |
|                     | Absorbedor                                                      | Observar Agrietamiento o deformaciones                                                                                                                        |
|                     | Conexiones                                                      | Verificar Corrosión, deformación, fugas, y falta de aislación                                                                                                 |
|                     | Carcasa (para placa plana)                                      | Identificar deformación, corrosión, fugas.                                                                                                                    |
| Circuito de Trabajo | Tuberías, aislamiento, protección UV y procedimiento de llenado | -Corroborar Ausencia de humedad y fugas<br>-Verificar el buen estado del aislamiento y la protección UV<br>-Verificar pérdidas del fluido calo portador       |
| Circuito de consumo | Tuberías, aislamiento, protección UV, fugas                     | -Verificar ausencia de humedad y fugas<br>-Verificar el buen estado del aislamiento y la protección UV<br>-Verificar pérdidas del fluido.                     |
|                     | Válvula de seguridad                                            | -Verificar ausencia de fugas<br>-Realizar limpieza interna<br>-Activación manual                                                                              |
|                     | Válvula de corte                                                | -Verificar ausencia de fugas<br>-Realizar limpieza interna<br>-Activación manual                                                                              |
|                     | Válvula termostática                                            | -Verificar ausencia de fugas<br>-Ejecutar desarme y limpieza interna<br>-Verificación de la temperatura de consumo de acuerdo al punto C.5.1 del presente IT. |
|                     | Válvula manual de tres vías tipo L                              | -Verificar ausencia de fugas<br>-Verificar buen funcionamiento<br>-Ejecutar desarme y limpieza interna                                                        |
|                     | Válvula de retención                                            | -Verificar ausencia de fugas<br>-Verificar buen funcionamiento<br>-Ejecutar desarme y limpieza interna                                                        |
|                     | Vaso de expansión                                               | -Verificar ausencia de fugas<br>-Verificar buen funcionamiento<br>-Verificar la precarga.<br>- Ejecutar lavado interior y limpieza.                           |

|                       |                                     |                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deposito acumulador   | Dentro del deposito                 | Verificar la presencia de lodos en su interior y limpiar                                                                                                                           |
|                       | Ánodos de sacrificio                | Retiro y reposición                                                                                                                                                                |
|                       | Carcasa del DA                      | Verificar ausencia de Deformación, corrosión, fugas.                                                                                                                               |
| Estructura de montaje | Aprietes, fijaciones, empotramiento | Comprobar que tuercas y pernos no estén sueltos.                                                                                                                                   |
|                       | Óxido                               | -Comprobar ausencia de óxido en pernos, tuercas, en uniones, fijaciones al DA y colector.<br>-Tomar las medidas correctivas de limpieza y protección en caso de presencia de oxido |
| Estructura auxiliar   | Aprietes, fijaciones, empotramiento | -Comprobar que tuercas y pernos no estén sueltos.                                                                                                                                  |
|                       | óxido                               | -Comprobar ausencia de óxido en pernos, tuercas, en uniones, fijaciones.<br>-Tomar las medidas correctivas de limpieza y protección en caso de presencia de oxido                  |

Fuente: [http://www.ser-cap.cl/wp-content/uploads/2017/Itemizado%20técnico%202018\\_MINVU.PDF](http://www.ser-cap.cl/wp-content/uploads/2017/Itemizado%20técnico%202018_MINVU.PDF)

Figura 2-5. Operación y Mantenimiento Sistema solar térmico placa plana estanque presurizado según Itemizado.

Todas las acciones descritas, deben ser complementadas con acciones preventivas y correctivas que aseguren el correcto funcionamiento y operación del SST. Además, a estas intervenciones se deben realizar todas las acciones que especifique el proveedor o fabricante del SST que complementen esta mantención.

A continuación, se muestran las operaciones de mantención preventiva y correctiva que deben realizarse, el periodo mínimo establecido (en meses).

Tabla 2-1. Operaciones de mantención preventiva- Documento de actividades.

| Equipo | Periodo | Descripción |
|--------|---------|-------------|
|--------|---------|-------------|

Captador:

|            |              |                                                                                                                             |
|------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Colector   | Cada 6 meses | Inspección visual sobre diferencias entre colectores como posible daño, agrietamientos, humedad, deformaciones y corrosión. |
| Cristal    | Cada 6 meses | Inspección visual de condensaciones y humedad.                                                                              |
| Juntas     | Cada 6 meses | Inspección visual de agrietamientos y deformaciones.                                                                        |
| Absorbedor | Cada 6 meses | Inspección visual de corrosión y deformaciones.                                                                             |
| Carcasa    | Cada 6 meses | Inspección visual de deformaciones, oscilaciones y ventanas de respiración.                                                 |

Estructura de montaje:

|                     |              |                                                                                 |
|---------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Estructura          | Cada 6 meses | Inspección visual de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos. |
| Estructura auxiliar | Cada 6 meses | Inspección de corrosión, degradación y apriete de tornillos.                    |

Circuito Primario:

|                               |              |                                                                                      |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Intercambiador de calor       | Cada 6 meses | Limpieza, revisión de nivel de glicol.                                               |
| Sistema de llenado            | Cada 6 meses | Inspección de nivel de llenado que se encuentre en buenas condiciones.               |
| Estanqueidad                  | Cada 6 meses | Efectuar prueba de presión.                                                          |
| Aislamiento hacia el exterior | Cada 6 meses | Inspección visual de las protecciones de uniones, degradación y ausencia de humedad. |
| Fluido de trabajo             | Cada 6 meses | llenado del circuito primario.                                                       |

Depósito de Acumulación:

|                            |              |                                                            |
|----------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|
| Aislamiento del acumulador | Cada 6 meses | Comprobar que no haya humedad en aislación del acumulador. |
| Depósito de acumulación    | Cada 6 meses | Presencia de lodos en el fondo, Realizar limpieza de este. |
| Conexiones                 | Cada 6 meses | Inspección visual de fugas y buena aislación térmica.      |

Sistema de control y eléctrico:

|                    |              |                                                                 |
|--------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| Sistema de control | Cada 6 meses | Inspección de buenas mediciones y conexiones en buen estado.    |
| Tablero eléctrico  | Cada 6 meses | Comprobar que esté cerrado para evitar la acumulación de polvo, |

|            |              |                                                                                    |
|------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|            |              | revisión de automático y diferencial(buenas condiciones).                          |
| Termocupla | Cada 6 meses | Control de funcionamiento Efectivo, inspección de deterioro y correcta instalación |

Circuito de consumo:

|                    |              |                                                                                                                 |
|--------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Válvula mezcladora | Cada 6 meses | Inspección ausencia de sarro y corrosión, realizar limpieza interna.                                            |
| Válvula de 3 vías  | Cada 6 meses | Inspección de buen funcionamiento, también ausencia de filtraciones y sarro, si no se realiza limpieza interna. |

Fuente: Elaboración propia software Word.

Referentes al SST en general

Una vez detectado un problema, hay que evaluar el reemplazo o reparación del componente; además de tener estimado el tiempo que falle el componente e impida el correcto funcionamiento del SST.

Para un fácil mantenimiento preventivo y correctivo, se debe realizar dos tipos de documentos, uno de conteo de los meses y uno de actividades. En el documento de chequeo de fechas, busca controlar cuándo se debe realizar cada chequeo respectivo y si es que éste se efectuó. En el protocolo de chequeo de actividades se enumeran las distintas actividades a realizar de inspección visual y el control de funcionamiento de los distintos elementos del SST; se debe elaborar un documento para todas las actividades que tienen la misma periodicidad de revisión.

| Equipo              | Descripción                                                     | e<br>n<br>e | f<br>e<br>b | m<br>a<br>r | a<br>b<br>r | m<br>a<br>y | j<br>u<br>n | j<br>u<br>l | a<br>g<br>o | s<br>e<br>p | o<br>c<br>t | n<br>o<br>v | d<br>i<br>c |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Colector            | IV Sobre diferencias entre el original y entre colectores       |             |             | 24          |             |             | 23          |             |             | 25          |             |             | 26          |
| Cristales           | IV de condensaciones y humedad                                  |             |             | 4PM         |             |             | 11AM        |             |             | 10AM        |             |             | 6PM         |
| Juntas              | IV de agretamientos y deformaciones                             |             |             | OK          |             |             | OK          |             |             | OK          |             |             | OK          |
| Absorvedor          | IV de corrosión y deformaciones                                 |             |             | OK          |             |             | 1           |             |             | OK          |             |             | 2           |
| Carcasa             | IV de deformación, oscilaciones y ventanas de respiración       |             |             | OK          |             |             |             |             |             | OK          |             |             |             |
| Conexiones          | IV de aparición de fugas                                        |             |             | OK          |             |             |             |             |             | OK          |             |             |             |
| Estructura          | IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos |             |             | OK          |             |             |             |             |             | OK          |             |             |             |
| Iniciales Inspector |                                                                 |             |             | BAV         |             |             | JMA         |             |             | BAV         |             |             | JMA         |

Fuente: Elaboración propia software Excel.

Figura 2-6. Protocolo de chequeo de fechas.

IV: Inspección visual

- Primer punto: Número de CST, se anota la fecha de revisión
- Segundo punto: Cristales, se debe anotar la hora en que se forma la humedad.
- Tercer y último punto: Anotar si se encuentra en buenas condiciones o cantidad de fallas encontradas.
- Apoyarse con Notas.

\* Notas comunes: Corrosión en el DA (depósito acumulador), barro o sarro en estanque, filtro “Y” obstruido, ánodo de magnesio carcomido

| Protocolo chequeo de fichas |                                                                 |     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Fecha: 17 de diciembre      |                                                                 |     |
| Hora: 10:12 AM              |                                                                 |     |
| Duracion: 2 horas           |                                                                 |     |
| Hunta                       | IV de agretamientos y deformaciones                             | ok  |
| Absorvedor                  | IV de corrosión y deformaciones                                 | ok  |
| Carcasa                     | IV de deformación, oscilaciones y ventanas de respiración       | ok  |
| Conexiones                  | IV de aparición de fugas                                        | ok  |
| Estructura                  | IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos | A   |
| Iniciales Inspector         |                                                                 | JMA |

Fuente: Elaboración propia software Excel.

Figura 2-7. Protocolo de Chequeo de actividades periodicidad de 6 meses

\*A: Avería

\*IV: Inspección visual  
Notas: Aparición de corrosión en estructura donde se encuentra el CST y DA.

2.6. Lista de chequeo SST placa plana con sistema termosifón.

A continuación, se adjunta la lista de chequeo inspección de la instalación de SST.

| Anexo lista de chequeo inspeccion de la instalacion del SST |                                                                                                       |              |    |     |             |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|-----|-------------|
| n°                                                          | Descripcion del elemento                                                                              | Cumplimiento |    |     | Observacion |
|                                                             |                                                                                                       | si           | no | N/A |             |
| 1                                                           | Instalacion del SST se encuentra ejecutada                                                            |              |    |     |             |
|                                                             | Orientación e inclinación del SST corresponde al "F_chart":                                           |              |    |     |             |
| 2                                                           | Orientación del SST instalado: _____                                                                  |              |    |     |             |
|                                                             | Inclinación del SST instalado: _____                                                                  |              |    |     |             |
|                                                             | Colector Solar:                                                                                       |              |    |     |             |
| 3                                                           | Marca: _____                                                                                          |              |    |     |             |
|                                                             | Modelo: _____                                                                                         |              |    |     |             |
|                                                             | Número de serie: _____                                                                                |              |    |     |             |
|                                                             | Deposito Acumulador:                                                                                  |              |    |     |             |
| 4                                                           | Marca: _____                                                                                          |              |    |     |             |
|                                                             | Modelo: _____                                                                                         |              |    |     |             |
|                                                             | Número de serie: _____                                                                                |              |    |     |             |
| 5                                                           | Colector de placa plana no presenta perdidas de fluido                                                |              |    |     |             |
| 6                                                           | Colector de placa plana, vidrio sin roturas ni fisuras                                                |              |    |     |             |
| 7                                                           | Colector de placa plana, vidrio sin condensación (inferior al 20%)                                    |              |    |     |             |
| 8                                                           | Colector de tubo al vacío, no presenta perdida de vacío (coloración blanca en los extremos)           |              |    |     |             |
| 9                                                           | Colector de tubo al vacío no presenta fuga en los sellos y están instaladas todas las barrillas de    |              |    |     |             |
| 10                                                          | Deposito acumulador con carcasa sin deformaciones ni abolladuras                                      |              |    |     |             |
| 11                                                          | Deposito acumulador sin humedad o corrosión exterior visible                                          |              |    |     |             |
| 12                                                          | Deposito acumulador sin fugas o goteras                                                               |              |    |     |             |
|                                                             | Deposito acumulador con conexión de agua fría adecuada y donde corresponde según esquema              |              |    |     |             |
| 13                                                          | hidráulico                                                                                            |              |    |     |             |
|                                                             | Deposito acumulador con conexión de agua caliente adecuada y donde corresponde según esquema          |              |    |     |             |
| 14                                                          | hidráulico                                                                                            |              |    |     |             |
| 15                                                          | Aislamiento de tuberías ajustado, continuo, sin cortes y sin espacios                                 |              |    |     |             |
|                                                             |                                                                                                       |              |    |     |             |
| 16                                                          | Tuberías con protección externa y de rayos UV                                                         |              |    |     |             |
|                                                             | Las conexiones no utilizadas, del CS y DA, están cubiertas con las tapas estancas según indicación    |              |    |     |             |
| 17                                                          | del fabricante                                                                                        |              |    |     |             |
| 18                                                          | Materialidad de tubería, entre el DA y la VMT, adecuada para la temperatura máxima del agua           |              |    |     |             |
|                                                             | Materialidad de tuberías, de todos los tramos entre el DA y la válvula de retención, incluido el vaso |              |    |     |             |
| 19                                                          | de expansión, adecuada para la temperatura máxima del agua (agua caliente de retorno o                |              |    |     |             |
| 20                                                          | Las tuberías se encuentran correctamente fijadas sin que el material aislante pierda su espesor       |              |    |     |             |
| 21                                                          | Posee válvula de corte de agua fría del DA y su ubicación es de fácil acceso para el usuario          |              |    |     |             |
| 22                                                          | Posee válvula de corte de agua caliente y su ubicación es de fácil acceso para el usuario             |              |    |     |             |
| 23                                                          | Posee válvula de corte del vaso de expansión, según esquema hidráulico                                |              |    |     |             |
| 24                                                          | Posee válvula de seguridad del circuito de consumo, según esquema hidráulico                          |              |    |     |             |
| 25                                                          | El CS de placa plana posee válvula de seguridad del circuito primario, según esquema hidráulico       |              |    |     |             |
| 26                                                          | Posee válvula mezcladora termostática, según esquema hidráulico                                       |              |    |     |             |
| 27                                                          | Comprobación de la regulación de mezcla de la VMT, según ficha técnica y el presente IT               |              |    |     |             |
| 28                                                          | Comprobación de la presencia del sensor de temperatura en el DA, y del visor digital, cercano al SAA  |              |    |     |             |
| 29                                                          | Posee válvula manual de tres vías tipo L, según esquema hidráulico                                    |              |    |     |             |
| 30                                                          | Estructura de soporte no presenta oxidación                                                           |              |    |     |             |
| 31                                                          | Protección contra la oxidación de la estructura de soporte                                            |              |    |     |             |
|                                                             | Vaso de expansión:                                                                                    |              |    |     |             |
|                                                             | Marca: _____                                                                                          |              |    |     |             |
|                                                             | Modelo: _____                                                                                         |              |    |     |             |
| 32                                                          | Capacidad: _____                                                                                      |              |    |     |             |
|                                                             | Presión de precarga: _____                                                                            |              |    |     |             |
|                                                             | Presión de trabajo: _____                                                                             |              |    |     |             |
|                                                             | Temperatura de operación: _____                                                                       |              |    |     |             |

|                                       |                                                                                                                                |                            |  |  |  |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--|--|--|
| 33                                    | Verificar que no se observa riesgos de sombra que pueda afectar la instalación SST en el presente o futuro, como, por ejemplo: |                            |  |  |  |
|                                       | Existen árboles cuyo crecimiento influirá con un porcentaje de sombra importante en el sistema a futuro                        |                            |  |  |  |
|                                       | Ductos de ventilación                                                                                                          |                            |  |  |  |
|                                       | Otras estructuras o equipos en la cubierta                                                                                     |                            |  |  |  |
|                                       | Construcciones cercanas                                                                                                        |                            |  |  |  |
| 34                                    | Observaciones                                                                                                                  |                            |  |  |  |
|                                       |                                                                                                                                |                            |  |  |  |
| 35                                    |                                                                                                                                |                            |  |  |  |
|                                       |                                                                                                                                |                            |  |  |  |
|                                       |                                                                                                                                |                            |  |  |  |
|                                       |                                                                                                                                |                            |  |  |  |
| Nombre y firma del Técnico Mantenedor |                                                                                                                                | Nombre y firma del Técnico |  |  |  |

Fuente: Elaboración propia software Excel.

Figura 2-8. Itemizado MINVU chequeo e inspección para mantenimientos de sistemas solares térmicos placa plana.

**CAPÍTULO 3: INSTRUCTIVO DE USUARIO FINAL PARA  
REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SST A NIVEL BÁSICO.**

### **3. INSTRUCTIVO DE USUARIO FINAL PARA REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SST A NIVEL BÁSICO**

Este capítulo es un instructivo en forma explicativa que señala el mantenimiento esencial de usuario para un SST con captador placa plana estanque presurizado, y sirve para resolver problemas básicos y así conseguir un correcto funcionamiento del equipo en el tiempo.

#### **3.1. Preparación previa**

##### **3.1.1. Riesgos y peligros**

Se deben considerar las precauciones respectivas para realizar los procedimientos de mantenimiento en un sistema solar térmico, ya que existen riesgos asociados a este trabajo, los cuales son:

- Trabajo en altura (trabajos con escalera y/o arriba de tejado).
- Exposición a los rayos solares.
- Uso de herramientas en altura (posible caída de alguna herramienta).
- Trabajo con fluidos a altas temperaturas (por ACS generada por energía solar).
- Golpe con, golpe contra.

Además se deben tener en cuenta los peligros que enfrenta la persona que realizara los mantenimientos, los cuales son:

- Caída del mismo y distinto nivel.
- Rotura de tejado.
- Quemadura por agua caliente a alta presión.
- Caída de herramientas.
- Quemaduras por radiación solar.

##### **3.1.2. Seguridad y precauciones**

Para realizar las tareas de mantenimiento descritas de este instructivo y prevenir en su mayor medida algún tipo de accidente se requiere implementos de seguridad, tales como:

- Casco.
- Guantes.
- Antiparras.
- Zapatos de seguridad.
- Ropa adecuada con Protección UV.

- Arnés de sujeción.
- Línea de vida.

Para que exista una baja probabilidad de que ocurra un accidente se deben aplicar las siguientes precauciones.

1. Uso de escalera:

La escalera se posiciona sobre un piso firme a 75° en relación al piso. Se recomienda que sea transportada por dos personas. Al ser apoyada en un techo, la escalera debe sobrepasar este por lo menos 1 metro (aprox. 3 peldaños). Para su uso se requiere de otra persona sujetándola, la persona que está sobre la escalera debe tener mínimo 3 puntos de apoyo sobre la escalera. Se debe evitar subir con una herramienta en la mano para evitar posibles caídas, para esto se necesita de un sistema de poleas con el fin de subir las herramientas necesarias. Aclarar que se debe subir hasta el penúltimo escalón, para evitar posibles caídas.

2. Arnés de sujeción:

Para el uso de arnés se debe considerar que tenga un ajuste completo al cuerpo, que esté dentro de la norma iso 9001(calidad), el elemento de enganche debe ir conectado a una cola que se abre en dos para generar un doble gancho. Los ganchos del arnés se utilizan al subir los peldaños de la escalera para evitar una posible caída. Al subir al tejado se debe instalar una línea de vida y engancharse en ella, para comenzar a operar de manera segura evitando un posible peligro de caída.

3. Casco:

Se debe utilizar casco de seguridad con calidad certificada en la norma iso 9001, para trabajos en altura, debe ir sujeto con barbiquejo, tener visera y uso de legionario. El reemplazo de casco debe ser máximo a los 3 años de uso.

4. Guantes:

Se debe utilizar guantes de seguridad tipo precisión o cabritilla según la tarea a realizar, Ejemplo: los guantes de precisión se usan para las tareas de medición, pintura y marcado. Y los de cabritilla se usan para trabajos con herramientas, manipulación de equipos, trabajos forzados y en caliente.

5. Zapatos de seguridad:

Al hacer trabajos de todo ámbito, se debe ocupar zapatos de seguridad con punta de acero, para evitar daños en los pies por golpe con, golpe contra o alguna caída de herramienta, equipo o componente.

#### 6. Protección UV:

Se deben implementar medidas de protección UV para evitar daños por radiación solar.

- Ropa con protección UV para evitar daño en la piel (tapar la mayor cantidad del cuerpo).
- Utilizar cada 2 horas bloqueador solar 50 FPS (factor de protección solar).
- Antiparras con protección solar UV.

### 3.2. Conocimientos previos para el usuario

Este instructivo es exclusivamente para SST con captador placa plana. Estos sistemas contienen los siguientes componentes y equipos:

Equipos:

- Un captador solar térmico (contiene un serpentín de cobre internamente o parrilla).
- Un depósito de acumulación de agua sobre el captador.
- Una estructura de fijación.
- El sistema de apoyo (auxiliar o de respaldo).
- Sistema de control (controlador de temperatura)

Componentes:

- Válvulas de corte.
- Válvula mezcladora termostática.
- Válvula de seguridad.
- Válvula de 3 vías.
- Vaso de expansión.
- Válvula anti retorno.
- Ánodo de sacrificio.
- Válvula filtro Y.
- Manómetro.
- Red hidráulica, Cádiz para fijación y fittings.

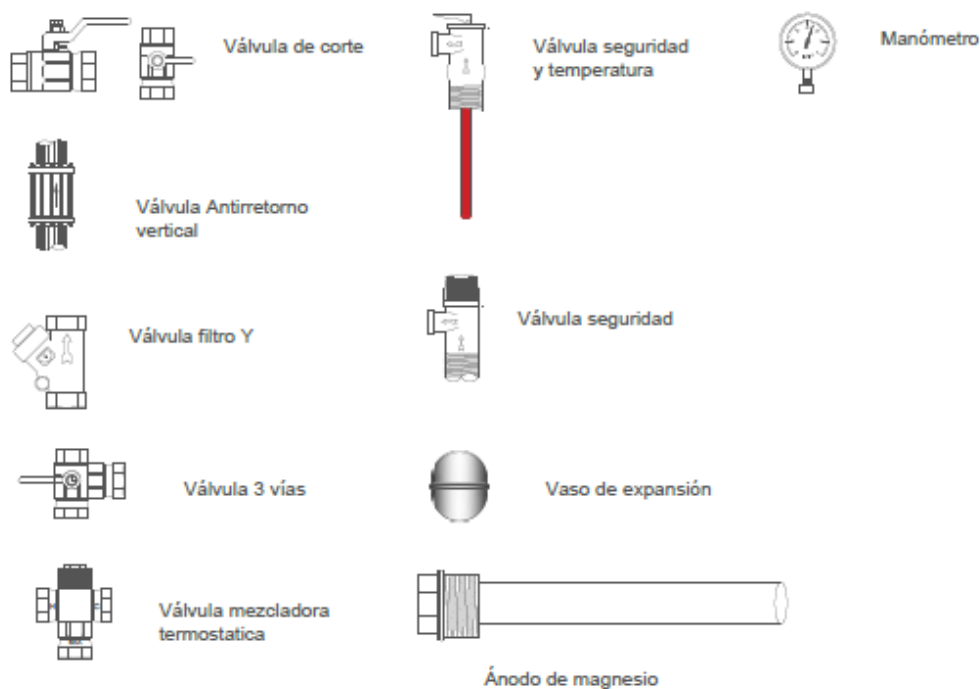
Esquema de equipos de sistema solar térmico:



Fuente: Propia

Figura 3-1 Equipos de sistema solar térmico.

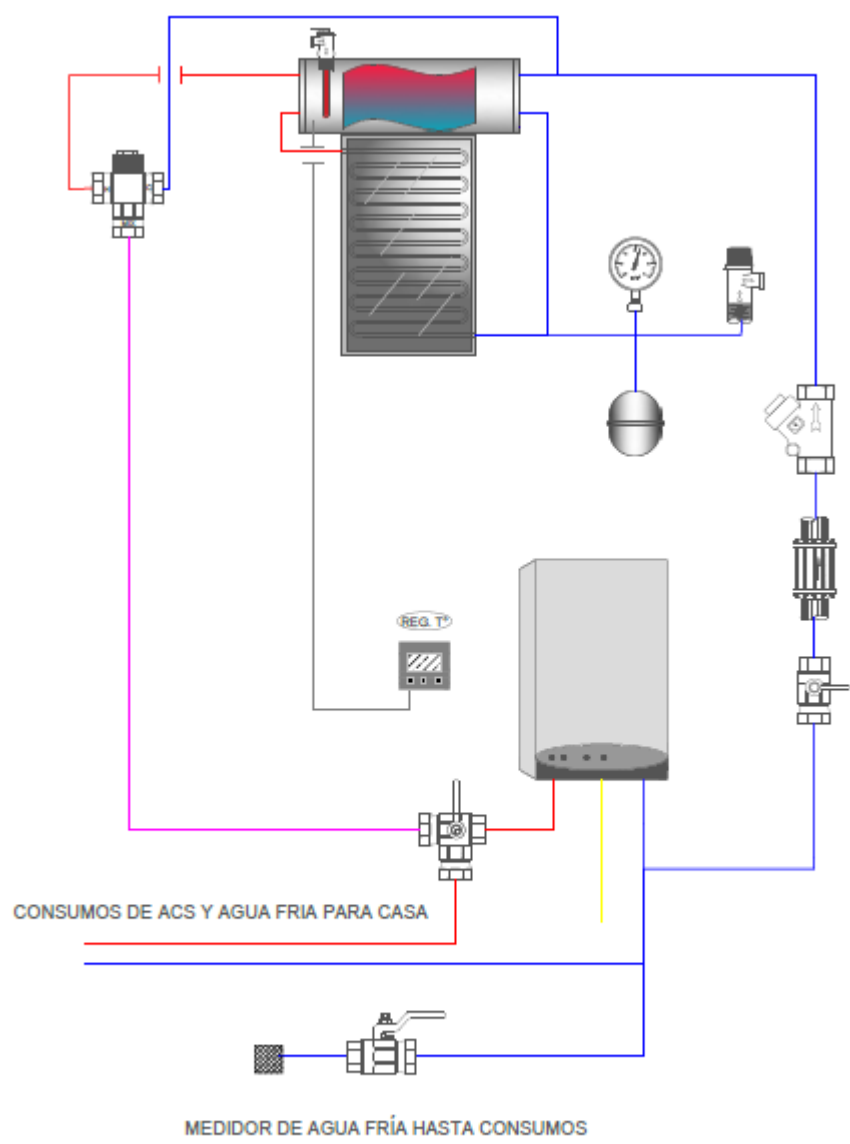
Esquema de componentes para SST:



Fuente: Propia

Figura 3-2 Componentes de sistema solar térmico.

Esquema hidráulico para usuario final:



Fuente: Propia

Figura 3-3. Esquema hidráulico para usuario final.

3.2.1. Sombras

Si la instalación se hizo cerca de un árbol, arbusto, etc., se debe monitorear constantemente su crecimiento, ya que las sombras influyen drásticamente en el rendimiento de un colector solar.

3.2.2. Aislamiento

Es importante mantener correctamente aisladas las tuberías que transportan el fluido calo portador, a fin de evitar la penetración de humedad, la pérdida de calor y la acción de

animales sobre las tuberías. Además debe ser de materiales que soporten altas temperaturas y la radiación UV, para evitar la corrosión o deterioro del mismo.

### 3.2.3. Disposición de las válvulas y accesorios

La instalación de las válvulas y los accesorios deben permitir que estos puedan ser retirados fácilmente para las actividades de mantenimiento y operación para eso se debe tener una conexión de tipo americana para facilitar el mantenimiento del componente. Además, las válvulas no deben perjudicar los elementos propios del SST o que forman parte de la vivienda; como por ejemplo, que al actuar la válvula de seguridad el agua caliente no tenga canalización, y tenga dirección al techo, generando corrosión.

### 3.2.4. Fugas

Luego de la primera puesta en marcha (que sería la prueba) se debe revisar todo el circuito hidráulico, ya que podrían haber fugas en las conexiones con mangueras, válvulas, fitting, etc., lo que podría provocar pérdidas térmicas y generar caídas de presión.

### 3.2.5. Anticongelantes

Se debe prever el uso de protección anticongelante en lugares con temperaturas menores a 5°C, ya que si no existe esta protección, los tubos podrían congelarse o explotar.

Normalmente se utilizan 2 litros de glicol por 4 litros de agua para rellenar el circuito primario, el cual se rellena con 6 litros en total aprox.

### 3.2.6. Corrosión

Es importante una buena selección de los sistemas de purga de aire, ya que si existe una absorción de aire y no se purga, este quedará estanco en circuito primario o secundario, provocando corrosión, especialmente en la parte de acero o aluminio e incluso a veces en las conexiones superiores entre captadores, reduciendo así la vida útil de los componentes del SST.

### 3.2.7. Herramientas

Para realizar los mantenimientos preventivos a nivel de usuario adecuados al sistema solar térmico es necesario utilizar las siguientes herramientas:

Tabla 3-1. Herramientas.

| Herramientas                            | Función                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Llave francesa                          | Llave para ajustar o aflojar tuercas o pernos. Estas llaves pueden ser compradas en pulgadas, las recomendadas son de 8” a 14” para este tipo de trabajos.                                                      |
| Llave Stillson                          | Esta llave sirve para ajustar o aflojar tuercas, fittings que la llave francesa no puede apretar. Esta herramienta se compra en pulgadas, las recomendadas son de medida de 8” a 14”.                           |
| Llave pico de loro (alicate extensible) | También denominada llave extensible, sus mordazas son regulables pudiendo servir para apretar diferentes diámetros.                                                                                             |
| Pinzas de presión                       | Son unas pinzas que pueden ser inmovilizadas en cierta posición para así arrancar o torcer algún objeto o material, se usa en el caso de inmovilizar firmemente un equipo o componente con el fin de sujetarlo. |
| Llave para gásfiter                     | Llave para apretar flexibles, grifería de baño o cocina.                                                                                                                                                        |
| Destornilladores                        | Herramienta que sirve para atornillar o desatornillar tornillos, los más comunes son Philips y paleta.                                                                                                          |
| Cuchillo cartonero                      | Herramienta manual que se usa para facilitar cortes a materiales blandos, posee un mango y cuchillas fabricadas en acero.                                                                                       |
| Brocha                                  | Conjunto de cerdas unidas a un mango que se utiliza para pintar.                                                                                                                                                |
| Embudo                                  | Se utiliza para canalizar líquido en recipientes con bocas estrechas.                                                                                                                                           |

Fuente: Elaboración propia.

- Llave inglesa

En los casos de mantenimiento a SST se usa para apretar o aflojar pernos como el ánodo de sacrificio que contiene una tuerca, el tapón del SST (vaciado del DA) y retirar o apretar válvula de seguridad.



Fuente: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/10650/Caiman-curvo-7-acero/10650>

Figura 3-4. Llave inglesa y ánodo de magnesio a punto de ser instalado.

- Llave Stillson: esta llave se usa para apretar o aflojar uniones americanas, terminales de PPR, esta llave se ocupa donde las otras llaves no pueden utilizarse.



Fuente:[https://simple.ripley.cl/llave-de-tubo-stillson-ajustable-14-de-18-52mm-ingco-mpm00002667088?gclid=Cj0KCQjw7sz6BRDYARIsAPHZrNIOyufAOVlXv24D--Q2sIYSmDSeWcMCqjYkYMOdeigpQf6GNykk8MMaAid8EALw\\_wcB&s=o](https://simple.ripley.cl/llave-de-tubo-stillson-ajustable-14-de-18-52mm-ingco-mpm00002667088?gclid=Cj0KCQjw7sz6BRDYARIsAPHZrNIOyufAOVlXv24D--Q2sIYSmDSeWcMCqjYkYMOdeigpQf6GNykk8MMaAid8EALw_wcB&s=o)

Figura 3-5. Llave Stillson.

### Pinzas de presión

En el caso de uso en mantenimientos a SST se usa para apretar o aflojar fittings con los componentes, un ejemplo es regular la pinza para darle un buen apriete de sujeción a la válvula mezcladora y así con la llave francesa realizar el torque de apriete o afloje del fitting.



Fuente:<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/pinzas-de-presion>

Figura 3-6. Pinzas de presión.

- Alicates extensibles

En el caso de mantenimiento de SST se utiliza para apretar fittings de unión americana, o también como agarre de componentes (válvulas) para su apriete con fittings mediante una llave inglesa.



Fuente: <https://www.tallerprofesional.com/tipos-aticates/>

Figura 3-7. Alicates extensibles.

- Llave de gasfiter:

En el caso de mantenimiento a SST se utiliza para apretar o aflojar flexibles que estén en una posición difícil de alcance.



Fuente: [https://www.imperial.cl/llave-gasfiter/product/121685?gclid=Cj0KCQjw7sz6BRDYARIsAPHZrNITlhNcOIAPSMnF4a3F5o7ku7MmKBuDo\\_QtMKUeOM47qtYoQQfeQgaArhtEALw\\_wcB](https://www.imperial.cl/llave-gasfiter/product/121685?gclid=Cj0KCQjw7sz6BRDYARIsAPHZrNITlhNcOIAPSMnF4a3F5o7ku7MmKBuDo_QtMKUeOM47qtYoQQfeQgaArhtEALw_wcB)

Figura 3-8. Llave de gasfiter.

Destornilladores:

En el caso de mantenimiento se ocupan para sacar excedente de ánodo de sacrificio en el DA, para esto se debe golpear o raspar para el retiro de estos, además también se ocupan para aflojar o apretar las conexiones en el controlador de temperatura (conexión eléctrica o conexión termocupla).



Fuente: mantenimiento propio

Figura 3-9. Ánodo de sacrificio pegado.

- Cuchillo cartonero: Sin duda es una herramienta utilizada universalmente para diversos tipos de trabajos, en el caso de mantenimientos a SST se utiliza para cortar y facilitar la manipulación de material polietileno flexible usado para aislar térmicamente las tuberías por donde circula el agua caliente.



Fuente: <https://arquipunto.cl/shop/product/168-cuchillo-cartonero-zebra-18-mm-grip-de-goma-y-riel-metalico-6319?ppg=all>

Figura 3-10 Cuchillo cartonero.

- Brocha: En el caso de los mantenimientos a equipos SST las brochas se usan para pintar la estructura auxiliar o algún componente estructural que necesite de protección anticorrosiva.



Fuente: [https://www.imperial.cl/set-3-brochas-condor-naranja-1pg-2pg-3pg/product/130847?gclid=CjwKCAjwkdL6BRAREiwA-kiczKiSEgc2htGrcIazr1gmlup\\_k81atD1Mv\\_FnUZzjGcOo-BD3EdRUwhoC42EQAvD\\_BwE](https://www.imperial.cl/set-3-brochas-condor-naranja-1pg-2pg-3pg/product/130847?gclid=CjwKCAjwkdL6BRAREiwA-kiczKiSEgc2htGrcIazr1gmlup_k81atD1Mv_FnUZzjGcOo-BD3EdRUwhoC42EQAvD_BwE)

Figura 3-11 Brochas para pintar.

- Embudo.

En un SST se utiliza para verter el glicol en la boca del depósito acumulador con el fin de canalizar el líquido de manera óptima.



Fuente:<https://www.henryschein.es/es-es/medicina/p/laboratorio/otros/embudo-universal-100-ml-80-mm-o-1-unidad/701-9204>

Figura 3-12. Embudos universales.

3.2.8. Materiales

Al momento de realizar un mantenimiento a nivel de usuario a sistema sst se debe considerar el uso de los siguientes materiales.

Tabla 3-2. Materiales.

| Materiales                                   | Función                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Teflón para agua.                            | Es una cinta aislante y sellante, debe ser resistente a la humedad y altas temperaturas, se utiliza en uniones de tuberías y fittings.          |
| Plumilla limpia vidrios y paños de limpieza. | Estos materiales de limpieza pueden se encuentran en la casa y son reutilizables, se puede hacer un paño limpiador de una prenda de ropa vieja. |
| Cinta aislante de aluminio.                  | Las cintas de aluminio son cintas metálicas con propiedades de adhesión, resistencia a altas y bajas temperaturas.                              |

|                                        |                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pintura anticorrosiva para estructura. | Empleado para ser usado sobre fierro y acero.                                                                                                |
| Aislación térmica                      | Compuesto de polietileno, este material se usa como aislante térmico para cañerías de PPR agua caliente para evitar pérdidas de temperatura. |
| Lija                                   | Lijar superficies de fierro o madera.                                                                                                        |

Fuente: Elaboración Propia.

- Teflón para agua

Su función es sellar juntas de unión de tuberías, llaves de paso, válvulas, terminales, etc.

Se coloca en las roscas tipo he y juntas de unión para evitar fugas, se debe aplicar mínimo 10 vueltas en sentido de la rosca hi a utilizar.



Fuente:<https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/64602/teflon-12-10-m>

Figura 3-13. Teflón para agua.

- Plumilla limpia vidrios y paño de limpieza

Se debe usar acompañado de jabón o algún tipo de limpiador, se usa para limpiar el colector solar para que funcione de manera correcta.

Estos materiales de limpieza deben estar limpios y en buenas condiciones para su uso, se debe considerar un material que no raye ni deteriore los componentes.



Fuente: <https://www.caleu.cl/limpieza/589-plumilla-limpiavidrios-acero-inoxidable-45cms.html>

Figura 3-14. Artículos de limpieza.

- Aislación térmica: La aislación térmica de polietileno flexible se dimensiona mediante el diámetro de la tubería ( se puede medir mediante una huincha de medir) si la tubería es de 25 mm, se debe instalar un recubrimiento de 25 mm.



Fuente: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/aislamiento-termico-para-tuberias/>

Figura 3-15. Aislación térmica.

- Cinta aislante: Esta cinta de aluminio ayuda a reducir pérdidas de temperatura en las tuberías de agua caliente del SST, esta cinta se debe cambiar cuando se note una

opacidad o degradación de la misma, lo cual se puede ver a simple vista. Esta se instala arriba del recubrimiento térmico para evitar pérdidas de energía y degradación por rayos UV.



Fuente:<https://www.ngp.cl/producto/cinta-aluminio-5050/>

Figura 3-16. Cinta aislante.

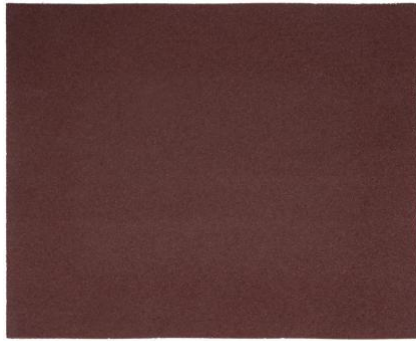
- Pintura anticorrosiva: Este tipo de pintura debe ser de exterior del tipo anti oxido, para aplicaciones sobre fierro. Importante aplicar sobre uniones de soldadura, aplicar sobre superficies sin grasa, dar más de una mano para una mayor protección.



Fuente:<https://www.youtube.com/watch?v=aSwwJPCKOxI>

Figura 3-17. Pintura anticorrosiva.

- Lija: Se debe escoger lija de metal con granos de numero 100- 120 en el caso que la estructura anexa tenga oxido.



Fuente: <https://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacCL/760242?fmt=jpg&fit=constrain,1&wid=420&hei=420>

20

Figura 3-18. Lija para fierro.

### 3.2.9. Repuestos

Los repuestos para estos tipos de mantenimiento son los siguientes:

- **Ánodo de sacrificio o magnesio:** Es el repuesto de mantenimiento preventivo más solicitado. Estos los venden como ánodo largo o ánodo corto según sea el presupuesto de la persona. Estos ánodos son de medida estándar  $\frac{3}{4}$ " para los sistemas solares térmicos presurizados, atmosféricos y forzados. Suelen durar aprox 12 meses.



Fuente: [https://http2.mlstatic.com/anodo-de-magnesio-termo-electrico-albin-trotter-200-litros-D\\_NQ\\_NP\\_649385-MLC42389596409\\_062020-F.webp](https://http2.mlstatic.com/anodo-de-magnesio-termo-electrico-albin-trotter-200-litros-D_NQ_NP_649385-MLC42389596409_062020-F.webp)

Figura 3-19. Ánodo de magnesio.

- Gomas válvula Acrilo-Nitrilo: También llamada goma para llave se cambian cada vez que exista gotera en válvulas, se consiguen en cualquier ferretería.



Fuente:<https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/412945/Goma-para-llave-acrilonitrilo-1-2-4-unidades>

Figura 3-20. Goma para llave acrilonitrilo.

- Válvula mezcladora: el problema común de esta válvula es el sarro por las altas temperaturas a las que está sometida. La duración máxima de esta válvula son 4 años. Esta válvula se dimensiona por el tamaño de tubería que se ocupa en el SST, si el ppr que se ocupa es de 25 mm esta válvula tendrá salidas de  $\frac{3}{4}$ ".



Fuente:<https://www.caloronline.es/shop/product/valvula-mezcladora-termo-termostatica/>

Figura 3-21. Válvula mezcladora.

- Válvula de seguridad: Es común que la válvula de seguridad falle por el no uso del equipo solar, ya que actúa más de lo normal por altas temperaturas dentro del acumulador. La duración de este componente es de 3-4 años. Se puede observar su fallo por no retener la presión de red (dar paso de agua al estanque y que ésta retorne por la válvula de seguridad hacia el desagüe).



Fuente: <https://ecefen.cl/product/valvula-seguridad-presion-temperatura/>

Imagen 3-22. Válvula de seguridad presión y temperatura.

- Llaves de corte: Con el tiempo las llaves de corte se tapan con sarro e impiden el paso de agua caliente al consumo. Estas se cambian cada 5 años por un mantenimiento correctivo.



Fuente: [https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-536482215-llave-de-paso-corte-rapido-tipo-bola-12-hi-laton-bof-\\_JM?matt\\_tool=50372784&matt\\_word=&gclid=CjwKCAjwkdL6BRAREiwA-kiczKNPVgENmD2FDT1in\\_y7YV-3FKM8de1yNG7qTokxBYNbNFFw4iL2WBoCf28QAvD\\_BwE](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-536482215-llave-de-paso-corte-rapido-tipo-bola-12-hi-laton-bof-_JM?matt_tool=50372784&matt_word=&gclid=CjwKCAjwkdL6BRAREiwA-kiczKNPVgENmD2FDT1in_y7YV-3FKM8de1yNG7qTokxBYNbNFFw4iL2WBoCf28QAvD_BwE)

Figura 3-23. Llave de corte.

- Glicol: Este repuesto se instala en el circuito primario del SST (circuito indirecto) y se utiliza para circuitos cerrados. Es un compuesto químico, transparente e incoloro, este debe combinarse con un 60 % de agua y 40% de glicol según sea la temperatura de región (5 región) . Cuidado es un líquido cancerígeno, no consumir. Este compuesto se ingresa por la parte superior del DA y su duración es aproximadamente 1 año. Se debe realizar mantenimiento preventivo si se nota una baja a la temperatura del consumo de ACS.



Fuente:[https://www.ngp.cl/wp-content/uploads/2017/12/gran\\_1435154649\\_1416281757.jpg](https://www.ngp.cl/wp-content/uploads/2017/12/gran_1435154649_1416281757.jpg).webp

Figura 3-24 Glicol.

Tabla 3-3. Periodicidad de cambio de repuestos.

| Repuestos            | Duración        | Tipo de mantenimiento     |
|----------------------|-----------------|---------------------------|
| Ánodo de sacrificio  | 6 meses - 1 año | Mantenimiento Preventivo. |
| gomas / o 'rings     | 2 años          | Mantenimiento Correctivo. |
| Válvula mezcladora   | 3-4 años        | Mantenimiento Correctivo. |
| Válvula de seguridad | 3-4 años        | Mantenimiento Correctivo. |
| Válvula de corte     | 5 años          | mantenimiento Correctivo  |
| Glicol               | 1 año           | Mantenimiento Preventivo  |

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.9.1. Compra de Repuestos Térmicos

1. Existen empresas comercializadoras encargadas en el ámbito de energías renovables. Se puede investigar, dimensionar y comparar sobre estos equipos solares y sus comercializadoras. Existen una gran variedad de estas comercializadoras, como lo son:
  2. NGP
  3. ESOL
  4. COSMOPLAS.
  5. TRITEC INTERVENTO.
  6. SOLARSHOP
  7. ANTUSOLAR
  8. ENERTIK

### 3.3. Mantenimiento preventivo y correctivo

#### 3.3.1. Revisión de la información técnica de la instalación

Se debe recopilar la información y documentación de la instalación SST para comprobar los equipos y accesorios instalados.

Se debe verificar:

1. Que todos los accesorios primordiales estén instalados.
2. Método de protección a los rayos UV (cinta de aluminio sobre el aislante).
3. Método de protección a la corrosión (ánodo de sacrificio).
4. Método de protección contra heladas (anticongelantes).
5. Método de protección contra sobrecalentamiento (vaso de expansión y/o válvula de seguridad).
6. Protección de los elementos de fijación (anticorrosión, galvanizado).

### 3.3.2. Instructivo de usuario para mantenimiento básico

Este instructivo de usuario para mantenimiento básico es para SST placa plana sistema termosifón. Entre los mantenimientos más enfocados en este manual de usuario es el mantenimiento preventivo.

Antes de realizar algún tipo de mantenimiento, se debe contar con los EPP, tener en cuenta las debidas precauciones y los conocimientos previos para hacer mantenimiento básico a nivel de usuario, nombrados en este instructivo.

Precaución: El usuario no puede manipular o desmontar los siguientes componentes mecánicos: Válvula de seguridad, Válvula mezcladora, válvula de 3 vías y válvula anti retorno, ya que esto implica peligro al usuario y al SST.

Recomendación: Si se debe desmontar alguno de los 4 componentes ya mencionados recientemente se debe llamar al técnico especializado en energía solar.

Pasos para iniciar mantenimiento básico:

1. Comprobar que la válvula de 3 vías está instalada en el sistema auxiliar.
2. Tener en cuenta que la válvula de 3 vías esté en dirección desde el SST a la salida de los consumos de ACS.
3. Se debe cortar el paso de agua desde la red hídrica hacia el SST mediante una válvula de corte.
4. Se debe abrir la llave de consumo a nivel más bajo de ACS de la instalación de la casa para vaciar el agua de las tuberías que provienen del SST.
5. Se debe operar la válvula de seguridad del SST para despresurizar.

Se pueden evitar visitas técnicas que pueden significar un gasto y un tiempo perdido para los usuarios de la siguiente manera.

Antes de realizar algún tipo de mantenimiento sobre tejado se deben considerar las siguientes precauciones:

1. Se debe montar la escalera siempre acompañado de otra persona para que pueda sujetar y facilitar el trabajo.
2. Luego corroborar que se tenga todos los EEPP en buen estado y debidamente equipados.
3. Para poder subir al techo se debe enganchar el arnés cada dos peldaños.
4. Al subir debe contar con una cuerda para que se ancle en la estructura de fijación del SST.

5. Finalmente se deberá realizar los mantenimientos respectivos.

- Limpieza de CST:

Este procedimiento se realiza con una manguera de agua a presión, líquido limpiacristales o agua con jabón con ayuda de un paño y también se puede usar plumillas limpia vidrios. Para esto se deberá subir una manguera o alguna fuente que contenga agua, jabón y un paño.

Es importante limpiar bien y no restregar sobre superficie seca y no rayar sobre superficie de CST. Esto ayuda a tener un mejor rendimiento del SST.

Tiempo de ejecución aproximado 30 min.



Fuente: Instalación SST LER.

Figura 3-25. SST Placa plana con CST sucio.



Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=rNXxAPE\\_apc](https://www.youtube.com/watch?v=rNXxAPE_apc)

Figura 3-26. Limpieza de colector solar placa plana.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-27. SST Placa plana con CST limpio.

- Intercambiar ánodo de magnesio

Para realizar este procedimiento, se deben tomar las respectivas medidas de seguridad. Se requiere una llave inglesa o llave de 19 mm y un ánodo de magnesio de repuesto. El ánodo

de sacrificio usado en el SST se ubica en el depósito acumulador con tuerca de ¾”. Al ubicarla, se procederá a ajustar la llave francesa a la medida que se requiera. Para retirar la tuerca se posiciona la llave ya ajustada y se realiza un torque anti horario. (En este caso se debe hacer un torque anti horario para aflojar y horario para apretar).

Ya retirada la tuerca que contiene el ánodo de magnesio en malas condiciones, se reemplaza por el nuevo de repuesto, luego se introduce en el acumulador y se aprieta en sentido horario con la llave inglesa. En el caso que queden rastros del ánodo en malas condiciones se procede a limpiar el orificio mediante un destornillador o alguna virutilla.

Estas tuercas contienen una o'ring blanco que evita que se filtre el agua por esa conexión.

Estas barras están hechas de magnesio o zinc los que actúan como ánodo el cual brinda protección a la corrosión galvánica. Estos contienen una rosca para poder atornillar internamente a la tuerca que se conecta al DA. La medida de la rosca es estándar ¾” y lo que varía es el largo del ánodo, hay ánodos más cortos y ánodos más largos.

Tabla 3-4 Comparativa ánodo de magnesio.

| Tipo ánodo  | Uso en DA  |
|-------------|------------|
| Ánodo corto | 100L-150L  |
| Ánodo largo | 150L- 300L |

Fuente: elaboración propia.



Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-600511911-3-barras-magnesio-antisarro-para-calentador-solar-sps-\\_JM?quantity=1](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-600511911-3-barras-magnesio-antisarro-para-calentador-solar-sps-_JM?quantity=1)

Figura 3-28. Ánodos de magnesio en distintas fases de degradación.

Tiempo estimativo de ejecución para cambio de ánodo de magnesio: 30 min.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-29. Rosca  $\frac{3}{4}$ " de ánodo de magnesio.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-30. Cambio ánodo de magnesio para SST.

- Reponer aislación de tuberías de agua caliente.

Antes de realizar este tipo de mantenimiento, se debe tener todos los elementos de seguridad y herramientas para realizar estos procedimientos.

Una buena aislación en la red de tuberías de agua caliente se compone de 2 tipos de materiales descritas en la sección 3.2.8. de este trabajo, las cuales son aislante térmico de polietileno flexible y cinta aislante adhesiva. Existen recubrimientos con cinta integrada que se llama tubo aislante con aluminio.

Este tipo de mantenimiento es visual (preventivo) o al tocar una tubería sin o con deficiente recubrimiento y encontrarla caliente (correctivo) hay que aplicar aislación en todas la tuberías, uniones de tuberías y fittings donde circule agua caliente. Para esto se debe cortar con un cuchillo cartonero a lo largo del polietileno flexible y luego introducir esta en la tubería o unión de fitting, para finalizar se une mediante la cinta de aluminio.

El recubrimiento debe estar en perfecto estado para evitar pérdidas de calor como se muestra en la siguiente Figura.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-31. Aislación térmica de tuberías en buen estado.



Fuente: Mantenimiento SST Propia.

Figura 3-32. Aislación térmica de tuberías incompleta.

En el caso de la Figura 3- se indica dónde hay deficiencia de aislación térmica en la tubería de agua caliente. Se observa un tramo en la tubería donde circula la mezcla de agua caliente con agua fría y que va hacia el consumo que solo contiene cinta de aluminio, pero carece de polietileno flexible, el cual va ubicado sobre la tubería cubierto por la cinta de aluminio. Aplicando este mantenimiento correctivo se evita la pérdida de calor y se aumenta la eficiencia en el sistema.

Recomendación: Se debe recubrir la tubería instalada con polietileno flexible y cinta de aluminio adhesiva (con la cinta se puede fijar el polietileno flexible en la tubería), así se evitará que no se dañe por los rayos UV e intemperie.

tiempo aproximado: 1 a 2 horas dependiendo del caso.

- Estado estructural de la instalación.

Este tipo de mantenimiento es de tipo preventivo ya que se previene un posible derrumbe de la estructura y SST sobre el tejado. Además se puede realizar mantenimiento correctivo para eliminar la corrosión que sufre el metal de la estructura al estar expuesto a la intemperie.

En este punto se debe hacer una revisión visual en detalle de la estructura, si se encuentra corroída proceder a realizar mantenimiento correctivo.

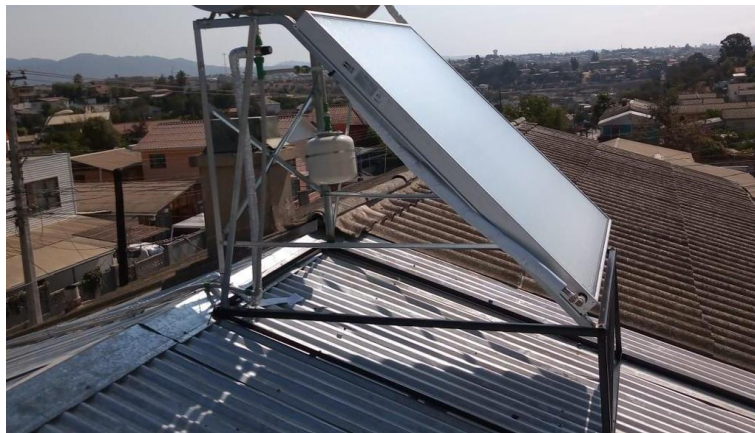
Para realizar este tipo de mantenimiento se necesita disponer de 2 materiales anteriormente descritos en la sección 3.2.8. de este trabajo los cuales son lija para metal para quitar corrosión en caso de que exista y pintura anticorrosiva para la protección de la estructura.

Para solucionar este problema se debe hacer uso de una brocha y lija de metal mencionada anteriormente en la sección 3.2.7. y 3.2.8. de este trabajo

Recomendaciones:

- Revisar tuercas de fijación y empotramiento de la estructura al techo.
- Al lijar la estructura se debe realizar una limpieza mediante una escoba para sacar los excedentes de pintura.
- Para finalizar se debe proceder a pintar la estructura, mínimo son 2 manos de pintura anticorrosiva.

Tiempo aproximado de mantenimiento preventivo y correctivo: 2 días.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-33. Estructura auxiliar SST.

- Hacer comprobaciones de pérdidas de fluidos

Este mantenimiento es de tipo correctivo ya que busca corregir distintas fugas de agua en la red hídrica (componentes mecánicos) con la cual se está trabajando. Estas pérdidas pueden ser por filtración y exceso de presión por sobre temperatura, esto provocaría activar válvula de seguridad.

Recomendación: Para detener filtraciones cortar el agua de paso hacia el SST, para eso se debe cortar el flujo de agua mediante la llave de corte con PPR junto al equipo auxiliar, como se muestra en la Figura 3-x. Se realiza el procedimiento de extracción de componente mecánico con filtración (debe ser llave de paso, válvula filtro Y o anodo de sacrificio). Se debe aplicar teflón de manera correcta (mínimo 10 vueltas sobre hilo exterior en sentido de giro de rosca hilo interior). En el caso que exista filtración en conexiones de PPR o componente mecánico (válvula mezcladora, válvula de seguridad, válvula anti retorno o válvula de 3 vías) se debe llamar a un técnico especialista para reparación.

Las herramientas y materiales a utilizar para realizar este tipo de mantenimiento son, llave francesa y teflón, ambos descritos en secciones 3.2.7 y 3.2.8 de este trabajo.

Tiempo de ejecución: 1 hora y media aproximadamente por cada componente mecánico que presente filtración.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-34. Llave de corte junto al equipo auxiliar.

Recomendación 2: En el caso de las altas presiones por sobre temperatura por no uso, conviene tapar el colector solar térmico con una funda para evitar mayor temperatura.

- Consumos de agua a baja temperatura y alta temperatura.

1. Caso agua a baja temperatura:

Esto se puede revisar mediante el sistema de control del SST, este tiene la función de lectura de temperatura del sistema como se muestra en la Figura 3-x. Si existe poca temperatura, es porque el día no favorece al calentamiento del agua o no ha calentado lo suficiente el SST para el consumo de esta.

Esta temperatura se mide mediante una Termocupla (sensor de temperatura).



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-35. Controlador Digital SST para lecturas de temperatura en grados Celsius.

## 2. Caso a alta temperatura:

Si el controlador del SST marca una alta temperatura y no se obtiene agua a la temperatura adecuada, esto se debe a que la válvula mezcladora está tapada por dureza del agua o mal regulada. Si está bien regulada y le sale agua fría debe llamar al técnico especializado. El usuario no puede cambiar esta válvula. Peligro de quemadura por alta temperatura del SST.

La válvula mezcladora tiene niveles de regulación de  $t^{\circ}$  desde el número 1 hasta el 7, el técnico especializado debe dejar la válvula mezcladora en la regulación normalmente 5 dependiendo de la irradiancia de la zona y época del año y de la temperatura de agua requerida por el usuario, si no se obtiene agua caliente se debe realizar un mantenimiento preventivo (visualización de regulación de válvula) porque alarga la vida útil de la válvula mezcladora por estar en menor nivel. Además se considera un mantenimiento correctivo ya que si se observa una falla de mal regulación de la válvula se debe cambiar a un nivel superior

de temperatura (número 7). Si continua la falla de baja temperatura se debe contactar a un técnico especializado en energía solar.



Fuente: Instalación SST Propia.

Figura 3-36. Válvula mezcladora termostática en SST.

Recomendaciones: Regular la válvula mezcladora en 5, si se regula en 7 (que arroja la máxima temperatura de salida) y sigue saliendo agua fría se debe llamar a técnico especialista para revisión del SST, para recambio de válvula mezcladora.

Tiempo de ejecución aproximado:

Para la regulación de la válvula mezcladora aprox 15 min.

Para el recambio de la válvula mezcladora el técnico especialista toma un tiempo de aprox 2,5 hrs.

- Cambio de líquido anticongelante para el sistema primario.

Este tipo de mantenimiento preventivo se realiza con periodicidad cada 1 año con el fin de proteger el sistema primario del congelamiento de su fluido en el interior y evitar que explote. Normalmente se utilizan 2 litros de glicol por 4 litros de agua para rellenar el circuito primario, el cual se rellena con 6 litros en total aprox.

Los materiales utilizados para este tipo de mantenimiento son: Llave francesa para abrir la entrada al circuito primario, una botella que contenga glicol combinado con agua y un embudo como se nota en la figura 3-.



Fuente: <https://www.climaanuba.com/FERROLI-SOLAR-220.jpg>

Figura 3-37. Instalación glicol.

Tiempo aproximado de ejecución: 30 min.

Tabla 3-5 Procedimiento de mantenimiento con sus respectivos tiempos de ejecución y periodicidad.

| Procedimientos                                 | Tiempo de Ejecución                            | Periodicidad                                  |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Limpieza CST                                   | 30 minutos aproximadamente                     | Cada un mes o cuando se observe suciedad.     |
| Cambio de ánodo de magnesio                    | 30 minutos aproximadamente                     | Cada 6 meses aproximadamente                  |
| Reponer aislación de tuberías de agua caliente | 1-2 horas dependiendo del caso aproximadamente | Al observar deterioro o falta de aislamiento. |
| Estado estructural de la instalación.          | 1- 2 días aproximadamente                      | Cada un año o al observar corrosión           |

|                                                            |                                                                                                                                                                 |                                                      |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Hacer comprobaciones de pérdidas de fluidos                | 1 hora y media aproximadamente por cada componente mecánico que presente filtración.(componentes mecánicos escogidos)                                           | Al observar una fuga de fluido en SST.               |
| Consumos de agua a baja temperatura y alta temperatura.    | Para la regulación de la válvula mezcladora aprox 15 min.<br>Para el recambio de la válvula mezcladora el técnico especialista toma un tiempo de aprox 2,5 hrs. | Al notar una baja temperatura obtenida desde el SST. |
| Cambio de líquido anticongelante para el sistema primario. | 30 min aproximadamente.                                                                                                                                         | Cada 1 año.                                          |



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Este proyecto presenta una solución sencilla a un problema complejo que abarca temas importantes en la sociedad actual. Se pone en práctica la cultura sustentable, solucionando un problema energético con energía renovable en los hogares, facilitando una necesidad básica como es el agua caliente. Por eso el presente trabajo de título busca dar información para que los usuarios puedan realizar mantenimientos de sus propios sistemas termo solares.

Este trabajo contiene las herramientas necesarias para conocer la forma de como adquirir, qué componentes tiene, cuales son los tipos, como se estructura y opera correctamente los sistemas solares térmicos. Todo lo anterior se obtiene gracias al manejo de información y experiencia laboral en mantenimientos a SST.

Se entrega información sobre los tipos de mantenimiento en general y se recopilan diferentes manuales de mantenimientos a sistemas solares térmicos, lo cual se enfoca mayoritariamente en mantenimiento correctivo y preventivo. Gracias a esta recopilación se genera un plan de operación y mantenimientos para un técnico especializado en energía solar.

Se prepara al usuario para que pueda a realizar mantenimiento a SST entregando un instructivo y una pauta completa de factores a considerar para hacerlo de manera correcta, segura y eficiente. También se presenta un diagrama hidráulico del sistema solar térmico placa plana estanque presurizado sistema termosifón detallando los equipos, componentes y cómo se ubican dentro del SST.

Como recomendación se incita a la reutilización de recursos que ya se han sometido a procesos industriales de fabricación, así se evita generar más desechos y se da una segunda oportunidad a materiales que aún pueden suplir necesidades a la sociedad. También se hace un llamado a los interesados en sustentabilidad a informarse, capacitarse, adquirir técnicas y conocimientos necesarios para enfrentar el problema de la contaminación existente en el planeta y a difundir estas prácticas sustentables.

En términos sociales, con este tipo de implementación de energía renovable además de cubrir una necesidad considerada básica, se busca generar en el usuario un concepto de consumo racional de agua caliente, el cual lleva consigo un ahorro tanto de agua como de energía. Esto debido a que la instalación termo solar tiene una capacidad limitada de captación de energía diaria, por ende, se debe hacer un uso adecuado esta energía.



## **BIBLIOGRAFÍA**

En Línea:

Itemizado Técnico Para Proyectos De Sistemas Solares Térmicos – Minvu. Pag. 10-19

Disponible: [http://www.ser-cap.cl/wp-content/uploads/2017/Itemizado%20t%C3%A9cnico%202018\\_MINVU.PDF](http://www.ser-cap.cl/wp-content/uploads/2017/Itemizado%20t%C3%A9cnico%202018_MINVU.PDF)

Financiamientos para obtener un sistema solar térmico

Disponible: <https://www.energia.gob.cl/educacion/que-son-los-sistemas-solares-termicos>

Tutorial nº 188 -Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.).

Disponible: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

Proyecto RES & RUE Dissemination Energía Solar.

Disponible: <https://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/solar.htm#VI>

Taller 2 Aprobado por corfo. Pag: 94- 112-113-117-118-120.

Disponible: <http://appsol.cl/wp-content/uploads/2018/04/Curso-Disen%C3%A9o-SST-Taller-2.pdf>

SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS II Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria 1 edición, diciembre 2010, Santiago Chile. Pag: 24 hasta 172.

Disponible: <http://www.minenergia.cl/sst/wp-content/uploads/2016/05/guia-de-diseno-y-montaje-de-sst-para-ac.s.pdf>

Superintendencia de electricidad y combustibles Buscador sistemas solares térmicos.

Disponible: <http://wlhttp.sec.cl/BuscadorSST/buscador.do>

APPSOL. Manual de diseño de Sistemas Solares Térmicos para la Industria Chilena. Pag: 232 hasta 240.

Disponible: <http://appsol.cl/wp-content/uploads/2017/03/APPSOL.Manual-FINAL.pdf>

Programa Solar, Sistema solar térmico termosifón para viviendas unifamiliares.

Disponible: [https://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/story/2014-09-15/termosifon\\_viviendas\\_unifamiliares.pdf](https://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/story/2014-09-15/termosifon_viviendas_unifamiliares.pdf)

## **ANEXO**

Absorbedor: Componente de un Colector Solar (CS) destinado a absorber energía radiante y transferir esta energía a un fluido en forma de calor.

Agua Caliente Sanitaria (ACS): Agua caliente para el consumo doméstico.

Área de abertura o área de apertura de un colector solar: Se conoce como la proyección en un plano de la superficie transparente del colector expuesta a la radiación solar incidente.

Calefón Modulante o “Solar”: Es aquel que regula la potencia de la llama en función de la temperatura de entrada del agua, para una temperatura de ACS deseada.

Circuito de consumo: Circuito entre el acumulador y los puntos de consumos de ACS de la vivienda, que incluye el depósito acumulador, los componentes y las tuberías de la red de agua fría y caliente de la vivienda.

Circuito primario: Circuito de transferencia de calor entre el colector solar y el intercambiador de calor. En el caso de sistemas directos corresponde al circuito entre los colectores y el acumulador.

Cámara de registro: Acceso en una zona del depósito acumulador que permite realizar mantenciones y comprobar el estado de las paredes, al interior del DA.

Contribución solar: Es la fracción entre la energía anual aportada por el sistema solar térmico a la salida del acumulador y la demanda energética anual de ACS estimada para la respectiva vivienda.

Colector Solar Térmico (CST): Componente que forma parte de un sistema solar térmico, diseñado para captar la radiación solar incidente, transformarla en energía térmica y transmitir la energía térmica producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

Colector Solar Térmico Integrado (CSTI): Sistema integrado para calentar agua en base a energía solar que se comercializa, listo para instalar, un solo producto y bajo una sola denominación de marca y modelo.

Depósito Acumulador (DA): Depósito que forma parte de un sistema solar térmico, donde se acumula la energía térmica producida por el colector solar.

Estructura de soporte: Estructura que da soporte al CS y al DA simultáneamente y que permite la fijación de los equipos a otra estructura (como el techo de la vivienda, la

Estructura auxiliar o una estructura independiente), generalmente su diseño viene definido de fábrica.

Estructura auxiliar: Estructura adicional a la de soporte, necesaria para dar la orientación e inclinación deseada al colector.

Estructura independiente: Estructura auto portante e independiente de la vivienda existente, diseñada para recibir los equipos.

Integración Arquitectónica: Tipo de instalación de un sistema solar térmico donde el colector solar sustituye elementos constructivos convencionales o bien son elementos constituyentes de la envolvente del edificio y de su composición arquitectónica.

Ley N° 20.365: Establece Franquicia Tributaria Respecto de Sistemas Solares Térmicos.

Reglamento de la Ley N° 20.365: Aprobado por Decreto Supremo N° 331, de 2009, de los Ministerios de Hacienda y de Economía, Fomento y Reconstrucción, y sus modificaciones.

Norma Técnica de la Ley N° 20.365: “Determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365”. Aprobada mediante RES EX N° 502, del Ministerio de Energía, del año 2010.

Programa de Protección al Patrimonio Familiar – PPPF: Es un programa del MINVU, regulado por el D.S. N°255 del año 2006 y sus modificaciones, que permite, en un trabajo conjunto con los vecinos, mantener y mejorar sus barrios, su entorno, equipamiento comunitario y sus viviendas.

Sistema Auxiliar de calentamiento de Agua (SAA): Corresponde al sistema que se utiliza para complementar la contribución solar, suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente. Ejemplo: calefón, termo eléctrico, calefont solar y otros.

Sistema Solar Térmico (SST): Sistema para la producción de agua caliente de uso sanitario, que integra un CS, un DA y un conjunto de otros componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar y transformarla directamente en energía térmica, la que se transmite a un fluido de trabajo y, por último, almacenar dicha energía térmica, para ser utilizada en los puntos de consumo de ACS. Dicho sistema podrá ser complementado con algún SAA.

**Sistema Solar Térmico de Circulación Natural:** O termosifón; sistema que utiliza sólo los cambios de densidad del fluido de transferencia de calor para lograr la circulación entre el colector solar y el acumulador o entre el colector solar y el intercambiador de calor.

**Sistema Solar Térmico Unifamiliar o Individual:** Sistema solar térmico utilizado por una sola vivienda.

**Diagrama hidráulico:** Diagrama que describe y señala todas las partes, piezas, válvulas, cañerías, materialidad de las cañerías, conexiones, diámetros, aislantes, de todos los circuitos asociados a un SST.

**Superficie instalada de colectores solares térmicos:** Corresponde a la suma de las áreas de abertura de cada colector solar térmico instalado, que pertenezca a un mismo SST.

**Vivienda:** Los bienes corporales inmuebles destinados a la habitación y las dependencias directas, tales como estacionamientos y bodegas amparadas por un mismo permiso de edificación o un mismo proyecto de construcción, siempre que el inmueble destinado a la habitación propiamente tal constituya la obra principal.

**Vivienda nueva:** Vivienda cuya construcción se financia total o parcialmente con un subsidio habitacional de los programas habitacionales del MINVU, y que al momento de la postulación al presente Programa no cuenta con recepción municipal definitiva, o cuenta con recepción de hace menos de 12 meses, y no se encuentra inscrita en el Conservador de Bienes Raíces correspondiente.

**Estanque:** Recipiente cerrado utilizado para contener gases o líquidos.

**Presurizado:** Mantener la presión atmosférica de un recinto a niveles normales para los humanos, independiente de la presión exterior.

**Carta solar:** Es una representación gráfica en planta, que nos permite obtener la posición del Sol en el cielo con respecto a nuestra ubicación, considerando una latitud específica. Eligiendo una fecha y hora, podemos obtener el ángulo solar y azimut correspondiente.

**Azimut:** El azimut no es más que el ángulo que forma cualquier cuerpo celeste con el Norte (sol, luna o estrella). Este ángulo se mide en el sentido de las agujas del reloj y alrededor del horizonte del observador. Por ello, es importante la situación en la que nos encontremos para poder determinar la posición del cuerpo celeste. Estas coordenadas no determinan la dirección que tiene el cuerpo celeste. Si hemos medido un cuerpo celeste que se sitúa al Norte, veremos que tiene un azimut de 0°, uno al Este 90°, uno al Sur 180° y al Oeste 270°.

Presión: Es la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.  $P = F/S$ .