



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

*Análisis del trabajo profesional hecho en una empresa alemana de cooperación internacional con la Administración Pública Federal de México para mejorar la calidad en calentadores solares de agua*

*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*

I N F O R M E

PRESENTA: RICARDO LAURENCEZ REYES

INGENIERÍA INDUSTRIAL

TITULACIÓN POR TRABAJO PROFESIONAL

ASESOR: ING. FRANCISCO JAVIER GARCÍA OSORIO

México, D.F. 2012





## Tabla de Contenido

<b>Lista de tablas .....</b>	<b>5</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>Objetivo del informe.....</b>	<b>7</b>
<b>Enfoque de la calidad .....</b>	<b>7</b>
<b>1. La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y la Secretaría de Energía (SENER).....</b>	<b>9</b>
1.1    GIZ .....	9
1.1.1    Historia .....	9
1.1.2    Objetivos .....	10
1.1.3    Misión .....	10
1.1.4    Visión .....	10
1.1.5    Valores .....	10
1.1.6    Organigrama del Componente Energías Renovables .....	11
1.2    SENER.....	13
1.2.1    Historia .....	13
1.2.2    Objetivos .....	15
1.2.3    Misión.....	18
1.2.4    Visión .....	18
1.2.5    Organigrama de la SENER .....	18
1.3    Cooperación Alemana en México.....	20
1.3.1    Antecedentes .....	20
1.3.2    Actualidad.....	20
1.3.3    Organigrama GIZ – SENER .....	22
<b>2. Descripción del puesto de trabajo .....</b>	<b>25</b>
2.1    Tarea general .....	25
2.2    Objetivos .....	25
2.3    Alcances y resultados esperados.....	26
<b>3. La participación del alumno en la empresa.....</b>	<b>27</b>
3.1    Descripción de los proyectos en los que colaboró el alumno .....	27

3.1.1	Proyecto 25,000 techos solares para México.....	27
3.1.2	Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL).....	28
3.2	Aportaciones del alumno a los proyectos.....	30
3.3	Aplicación de los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera en el desarrollo del trabajo profesional .....	31
3.3.1	Ingeniería Industrial y Productividad .....	32
3.3.2	Termodinámica.....	32
3.3.3	Termofluidos.....	32
3.3.4	Procesos Industriales .....	33
3.3.5	Sistemas de Mejoramiento Ambiental .....	33
3.3.6	Relaciones Laborales y Organizacionales .....	33
3.3.7	Sistemas de Calidad .....	33
3.3.8	Recursos y Necesidades de México .....	33
3.4	Análisis e interpretación de los resultados de trabajo .....	34
3.4.1	Análisis del producto entregado denominado “Criterios de calidad para sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano”.....	34
3.4.2	Análisis del checklist de calidad elaborado .....	40
3.4.3	Análisis de la actualización de la página WEB del PROCALSOL .....	47
	<b>Conclusiones.....</b>	<b>55</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>56</b>

## **Anexos**

Anexo 1: “Criterios de calidad para sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano”

Anexo 2: Checklist de calidad

Anexo 3: Términos de Referencia (TdR) para Expertos de Corto Plazo

## Lista de tablas

Tabla 1: Cooperación Alemana para el Desarrollo en México .....	21
Tabla 2: Programas de la GIZ en México .....	22
Tabla 3: Aspectos de calidad en la instalación .....	37

## Lista de figuras

Figura 1: Organigrama GTZ, Junio 2010.....	12
Figura 2: Estructura del Sector.....	14
Figura 3: Organigrama SENER.....	19
Figura 4: Organigrama de la Cooperación GIZ - SENER.....	23
Figura 5: Evolución esperada de metros cuadrados de instalaciones de calentadores solares de agua en México .....	30
Figura 6: Componentes del sistema de calentamiento solar de agua.....	35
Figura: 7 Proceso de aseguramiento de la calidad en sistemas de calentamiento solar de agua en la obtención de viviendas por parte de los usuarios .....	41
Figura 8: Datos de partida del checklist de calidad .....	42
Figura 9: Cuestionario al usuario.....	42
Figura 10: Datos de la vivienda.....	43
Figura 11: Sistema de respaldo.....	43
Figura 12: Datos generales .....	44
Figura 13: Fijación.....	45
Figura 14: Tuberías .....	45
Figura 15: Válvulas.....	46
Figura 16: Termotanque.....	46
Figura 17: Colector plano .....	47
Figura 18: Colector de tubos evacuados.....	47

Figura 19: Página WEB del PROCALSOL .....	48
Figura 20: Qué es Procalsol .....	49
Figura 21: Energía Solar .....	50
Figura 22: Tecnología .....	51
Figura 23: En mi casa .....	52
Figura 24: En mi negocio .....	52
Figura 25: Agronegocios .....	53
Figura 26: Proveedores.....	53

## **Introducción**

El presente documento tiene la finalidad de informar sobre la participación del alumno Laurencez Reyes Ricardo en dos proyectos de la empresa Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), surgidos a través de la relación de cooperación que existe hace varios años entre México y la República Federal de Alemania, además de la necesidad de hacer uso de las fuentes renovables de energía, en específico la energía solar, que en nuestro país existe y en gran magnitud.

Se conocerán los objetivos de la empresa relacionados al trabajo del alumno y los productos entregados como resultado del trabajo profesional. Asimismo se hará un detallado análisis sobre los productos logrados para saber si se cumplieron los objetivos.

Se dará un breve recorrido sobre la relación de cooperación de Alemania para México así como antecedentes y actualidad de la GIZ y su contraparte en México, la Secretaría de Energía.

Por último se concluirá explicando si la participación del alumno en los proyectos de la empresa se realizó de manera satisfactoria.

### **Objetivo del informe**

Además de detallar la participación del alumno en la empresa, el informe tiene como objetivo presentar los diferentes criterios de calidad en calentadores solares de agua del sector residencial mexicano, que hacen de éstos unos buenos equipos y una correcta instalación.

### **Enfoque de la calidad**

El enfoque de calidad que se manejará a lo largo del informe será basado en el conjunto de cualidades del producto y en la instalación, tomando como producto al sistema de calentamiento solar de agua (colector, termotanque y tuberías) y la instalación como la conjunción de los componentes del sistema para el funcionamiento del mismo.



# 1. La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y la Secretaría de Energía (SENER)

## 1.1 GIZ

La GIZ es una empresa federal que asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania para alcanzar sus objetivos en la cooperación internacional para el desarrollo sostenible. Tiene su sede central en Bonn y Eschborn cerca de Frankfurt Am Main. Su principal comitente es el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Además presta servicios a otros ministerios federales como el Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, el Ministerio Federal Alemán de Relaciones Exteriores, el Ministerio Federal Alemán de Educación e investigación, gobiernos de otros países, comitentes internacionales tales como la Comisión Europea, las Naciones Unidas y el Banco Mundial.

A nivel mundial, la GIZ trabaja en más de 130 países de África, Asia, América Latina, en las regiones del Mediterráneo, en el Oriente Medio, así como en Europa, el Cáucaso y Asia Central. Está presente en los países contraparte con personal técnico y directivo. Operando a nivel del país, la GIZ adapta sus procedimientos y soluciones a las condiciones de los países contraparte. Junto con sus contrapartes desarrolla estrategias y medidas adaptadas a la situación respectiva y las implementa apoyándose en un conjunto de competencias técnicas, regionales y de gestión. Está representada con agencias propias en 92 países.

Desde el año 2005 la GIZ está implementando actividades de cooperación técnica en el sector energía en México. Actualmente, se ejecuta el Programa Energía Sustentable en México por encargo del Ministerio BMZ. El Programa tiene como objetivo contribuir a mejorar las condiciones marco para aumentar la eficiencia energética y el uso de fuentes renovables de energía en México. Para lograr este objetivo hay una cooperación estrecha entre la GIZ y actores tanto del sector público (principalmente la SENER, la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE)); como del sector privado.

### 1.1.1 Historia

La Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ) fue fundada en 1975 por Erhard Eppler y operó no sólo en Alemania, sino en gran parte del mundo prestando asistencia técnica.

El primero de enero del año 2011 la GTZ cambia de nombre y pasa a ser lo que hoy en día es la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH

(GIZ) reuniendo las competencias y experiencias de muchos años del Servicio Alemán de Cooperación Social Técnica (DED) GmbH, de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH y de InWEnt Capacitación y Desarrollo Internacional GmbH.

*Nota aclaratoria: Es importante señalar que en el presente documento se manejan tanto la GTZ como la GIZ, debido a que el trabajo profesional se desarrollo antes de que la empresa cambiara de nombre y existen documentos en los cuales se hace referencia a la GTZ.*

### **1.1.2 Objetivos**

“Mejorar las condiciones de vida de la población en los países contraparte.”<sup>1</sup>

### **1.1.3 Misión**

“Somos una empresa de propiedad de la República Federal de Alemania que opera a nivel internacional.

Trabajamos por encargo del Gobierno Federal alemán, o de otros comitentes del sector público y privado, nacionales e internacionales.

Con nuestra actuación contribuimos a impulsar el desarrollo político, económico, ecológico y social en todo el mundo y, con ello, a lograr una mejora de las condiciones de vida de las personas.

Como empresa prestadora de servicios apoyamos procesos complejos de desarrollo y reformas.”<sup>2</sup>

### **1.1.4 Visión**

“Fomentamos con éxito la cooperación internacional que contribuye al desarrollo sostenible en el mundo.

Nuestra empresa fortalece su posición en el mercado mundial de servicios de la cooperación internacional.”<sup>3</sup>

### **1.1.5 Valores**

“Actuamos con el convencimiento de que:

- el respeto de los derechos humanos y de la dignidad del ser humano y sus características particulares constituyen el fundamento de la cooperación internacional.
- la legalidad constitucional, la seguridad jurídica y la participación de la población en el proceso político facilitan la actuación eficaz del Estado.

---

<sup>1</sup>GIZ (2011). Manual de Identidad

<sup>2</sup> Idem

<sup>3</sup> Idem

- el uso responsable del medio ambiente y de los recursos naturales asegura las oportunidades de desarrollo de las generaciones futuras.
- un orden económico favorable al mercado y con una orientación social, así como la orientación de la actuación del Estado hacia el desarrollo producen ingresos y progreso.
- los aportes eficaces a la paz y la seguridad son pilares importantes para el desarrollo.
- la cooperación con carácter participativo conduce al éxito.
- la transparencia y la integridad facilitan la claridad y la comprensión de todas las actuaciones tanto en las relaciones internas como externas, y, por consiguiente, crean confianza.”<sup>4</sup>

### **1.1.6 Organigrama del Componente Energías Renovables**

La GTZ se divide en componentes según sea el área en donde se enfocará la cooperación.

La GTZ México cuenta con la Agencia de Representación, el Programa de Energía Sustentable, el Componente Eficiencia Energética, el Componente Eficiencia Energética en Edificaciones, el Programa 25,000 Techos Solares, el Componente Residuos Sólidos y el Componente Cambio Climático.

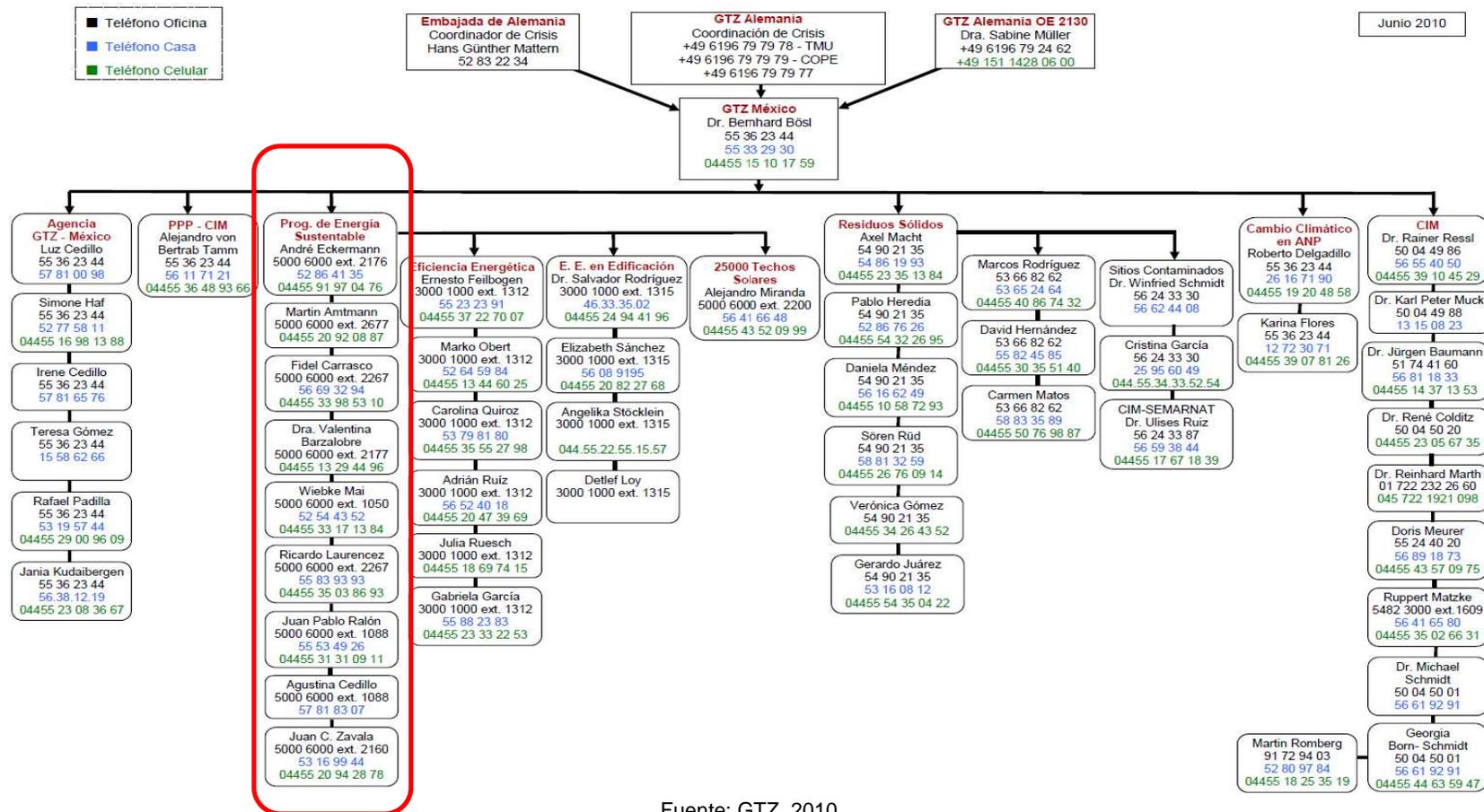
El Componente Energías Renovables se encuentra dentro del Programa de Energía Sustentable y es en donde se centra el trabajo profesional desarrollado por el alumno.

En la figura 1 se muestra el organigrama de la GTZ con el Programa de Energía Sustentable localizado.

---

<sup>4</sup> Idem

Figura 1: Organigrama GTZ, Junio 2010



Fuente: GTZ, 2010

## **1.2 SENER**

### **1.2.1 Historia**

La administración de los energéticos de los que el país es responsable ha sufrido muchos cambios con respecto a la forma en que serán distribuidos y por quién serán manejados.

Mediante el Decreto el 22 de abril de 1853, el primer referente que se tiene para equiparar lo que hoy en día es la Secretaría de Energía fue la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio misma que administró, entre otros, lo siguiente: formación de la estadística general de la industria minera y mercantil, las medidas conducentes al fomento de todos los ramos industriales y mercantiles, y las exposiciones públicas de productos de la industria minera.

Fue hasta el 31 de marzo de 1917 cuando por parte de la Presidencia de la República se expide otro Decreto y se da origen a la Secretaría de Industria y Comercio encargada de: el despacho de los asuntos relacionados con el comercio, industria en general, cámaras y asociaciones industriales y comerciales, enseñanza comercial, minería, petróleo, propiedad mercantil e industrial, estadística minera, entre otros.

El 7 de diciembre de 1946 se crea la Secretaría de Bienes Nacionales e Inspección Administrativa que posteriormente, y gracias al incremento de las actividades económicas del país, pasa a ser el 23 de diciembre de 1958 la Secretaría de Patrimonio Nacional (Sepanal) con las mismas funciones que la anterior y la inclusión del manejo de los recursos naturales renovables y no renovables del país.

Con la expedición de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, el 29 de diciembre de 1976, se deroga la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado. Esta nueva Ley crea la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (Sepafin), que conserva entre otras atribuciones la posesión, vigilancia, conservación o administración de los bienes de propiedad originaria, mismos que constituyen recursos naturales no renovables.

Con base en las reformas y adiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal el 29 de diciembre de 1982 la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial se transformó en la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (Semip) parte de un proceso de modernización administrativa.

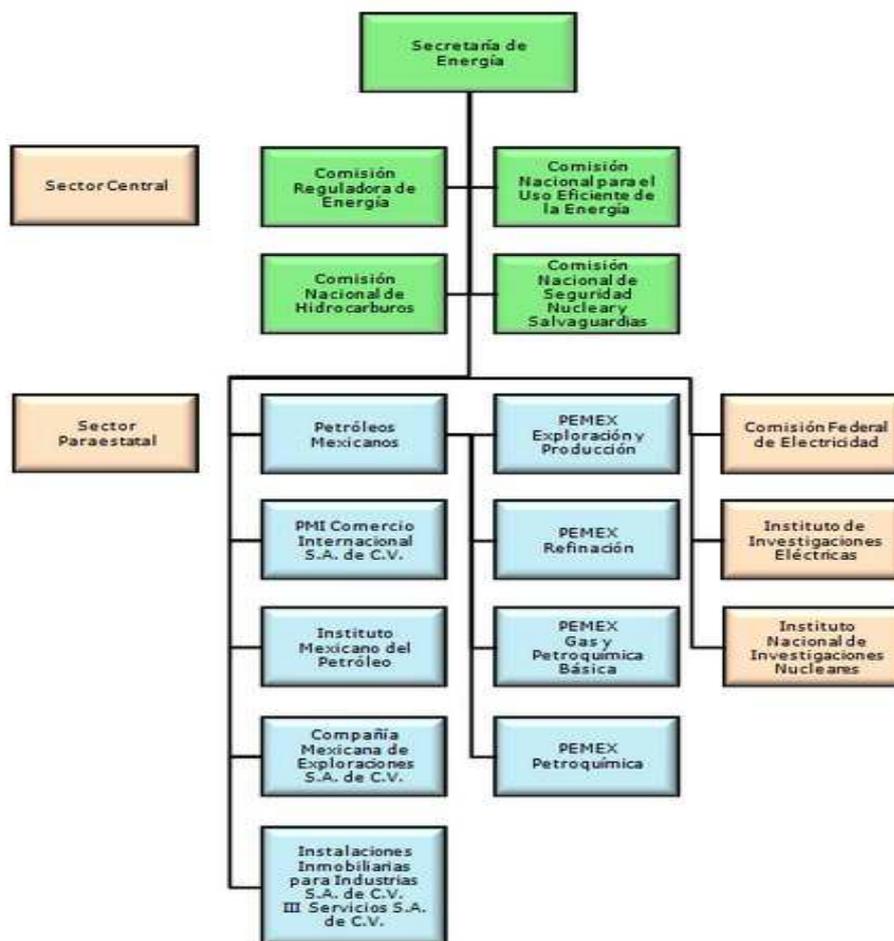
El 28 de diciembre de 1994 la Semip se transforma en lo que hasta hoy conocemos como la Secretaría de Energía (SENER) y se le confiere la facultad de

conducir la política energética del país, al ejercer los derechos de la nación sobre los recursos no renovables: petróleo y demás hidrocarburos, petroquímica básica, minerales radiactivos, aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear, así como el manejo óptimo de los recursos materiales que se requieren para generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer la energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público.

En el año 2001 la Secretaría de Energía sufre una modernización y surgen dos subsectores: hidrocarburos y electricidad; así como tres subsecretarías de estado y una oficialía mayor con sus respectivas direcciones generales.

En la figura 2 se muestra la distribución por Sectores: Sector Central y Sector Paraestatal

Figura 2: Estructura del Sector



Fuente: <http://sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=969>, Accesado en octubre 2012

## **1.2.2 Objetivos**

La SENER como tal no cuenta con objetivos generales para toda la Secretaría sino específicos en cada uno de sus respectivos componentes.

### Oficina del Secretario

Objetivo:

Conducir y administrar la política energética del país, conforme a lo dispuesto en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas y normatividad vigentes en la materia, con objeto de garantizar el suministro de energéticos que requiere el desarrollo nacional.

### Unidad de Asuntos Jurídicos

Objetivo:

Proporcionar servicios jurídicos de calidad para el cumplimiento de las atribuciones que corresponden a la Secretaría y a sus servidores públicos.

### Dirección General de Asuntos Internacionales

Objetivo:

Impulsar una adecuada representación y participación del sector energético mexicano en los mercados energéticos internacionales, a fin de promover y concretar los intereses de México en el mundo, contribuyendo al desarrollo nacional.

### Unidad de Comunicación Social

Objetivo:

Diseñar la política de comunicación social a fin de difundir de manera permanente a la opinión pública las actividades, avances y desarrollo del sector energético.

### Órgano Interno de Control en la SENER

Objetivo:

Contribuir con la Secretaría a que su funcionamiento se apegue a la misión y objetivos establecidos, mediante la detección de áreas de oportunidad que permitan prevenir prácticas de corrupción e impunidad, lo que coadyuvará a la mejora en la gestión y que ésta se lleve a cabo en un marco de rendición de cuentas claro y transparente en la Dependencia.

### Subsecretaría de Electricidad

Objetivo:

Contribuir al óptimo desarrollo del subsector eléctrico, así como de las actividades nucleares, mediante el establecimiento y evaluación de estrategias y programas, y la coordinación de las entidades paraestatales del subsector, en beneficio de la nación.

### Dirección General de Generación, Conducción y Transformación de Energía Eléctrica

#### Objetivo:

Coordinar y supervisar el desempeño de las entidades del sector electricidad, en materia de generación, conducción y transformación de energía eléctrica, en apego a la normatividad aplicable.

### Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares

#### Objetivo:

Garantizar, fomentar y estimular la preservación y seguridad de las personas, sus bienes y el medio ambiente, mediante el establecimiento, aplicación y evaluación de acciones y programas de regulación y vigilancia de las condiciones técnicas y de seguridad de las instalaciones eléctricas y nucleares.

### Subsecretaría de Hidrocarburos

#### Objetivo:

Contribuir al óptimo desarrollo del subsector hidrocarburos, mediante el establecimiento y evaluación de estrategias, programas e instrumentos normativos, la verificación del cumplimiento de la normatividad correspondiente y la coordinación de las entidades paraestatales del subsector, en beneficio de la nación.

### Dirección General de Exploración y Explotación de Hidrocarburos

#### Objetivo:

Contribuir al desarrollo económico del país mediante una administración óptima y sustentable de los hidrocarburos que incluya el diseño, promoción, ejecución y supervisión de políticas y acciones en materia de exploración y explotación de los mismos.

### Dirección General de Desarrollo Industrial de Hidrocarburos

#### Objetivo:

Contribuir al desarrollo de una industria nacional de transformación de hidrocarburos moderna, dinámica, eficiente y competitiva a través de la evaluación del desempeño de sus áreas sustantivas, para que los consumidores tengan acceso a productos con oportunidad, suficiencia, calidad y precio, en un esfuerzo orientado al desarrollo sustentable del país.

#### Dirección General de Gas L.P.

##### Objetivo:

Definir las estrategias, políticas y metas para el aprovechamiento y transformación industrial de los recursos de Gas LP, así como establecer y vigilar el cumplimiento de la normatividad en materia de seguridad, garantizando que la prospectiva sobre el comportamiento del mercado nacional de Gas LP, incluya las necesidades previsibles del país en materia de este insumo.

#### Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico

##### Objetivo:

Contribuir a la modernización, eficiencia y competitividad del sector para apoyar el crecimiento económico y el desarrollo sustentable del país en el largo plazo, mediante el diseño, propuesta y evaluación de la política energética nacional, así como de la formulación de lineamientos, programas y acciones de fomento a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en la materia.

#### Dirección General de Planeación Energética

##### Objetivo:

Diseñar, conducir y dar seguimiento a los procesos de planeación estratégica y de definición de políticas energéticas, tanto a nivel nacional como regional, así como generar y administrar la información relacionada con dichos procesos.

#### Dirección General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente

##### Objetivo:

Promover acciones que impulsen la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y técnico, para fomentar el desarrollo sustentable del sector energía.

#### Oficialía Mayor

##### Objetivo:

Gestionar los recursos humanos, financieros, materiales e informáticos de la Secretaría y ser un factor de cambio que promueva y facilite la innovación y mejora continua de los procesos y servicios que proporciona la Dependencia, en apego a las estrategias de Buen Gobierno.

#### Dirección General de Programación y Presupuesto

##### Objetivo:

Planear, organizar, dirigir y controlar la administración eficiente de los procesos de programación-presupuestación; pago de compromisos institucionales y registro contable; autorización y liberación de las ministraciones de recursos a órganos desconcentrados y entidades apoyadas; así como coadyuvar con las unidades administrativas y con las entidades sectorizadas, en el proceso de planeación

institucional y sectorial para garantizar la congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Sectorial vigente.

### Dirección General de Recursos Humanos, Innovación y Servicios

Objetivo:

Gestionar el capital humano de la SENER a través del servicio profesional de carrera, y promover la mejora continua de los procesos y la calidad de los servicios que proporciona la Dependencia, mediante la adopción de modelos de calidad y tecnologías de la información, así como la prestación eficiente de los servicios generales que requieran las unidades administrativas, para el desarrollo de sus funciones.

#### **1.2.3 Misión**

“Conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional.”<sup>5</sup>

#### **1.2.4 Visión**

“Una población con acceso pleno a los insumos energéticos, a precios competitivos; con empresas públicas y privadas de calidad mundial, operando dentro de un marco legal y regulatorio adecuado.

Con un firme impulso al uso eficiente de la energía y a la investigación y desarrollo tecnológicos; con amplia promoción del uso de fuentes alternativas de energía; y con seguridad de abasto.”<sup>6</sup>

#### **1.2.5 Organigrama de la SENER**

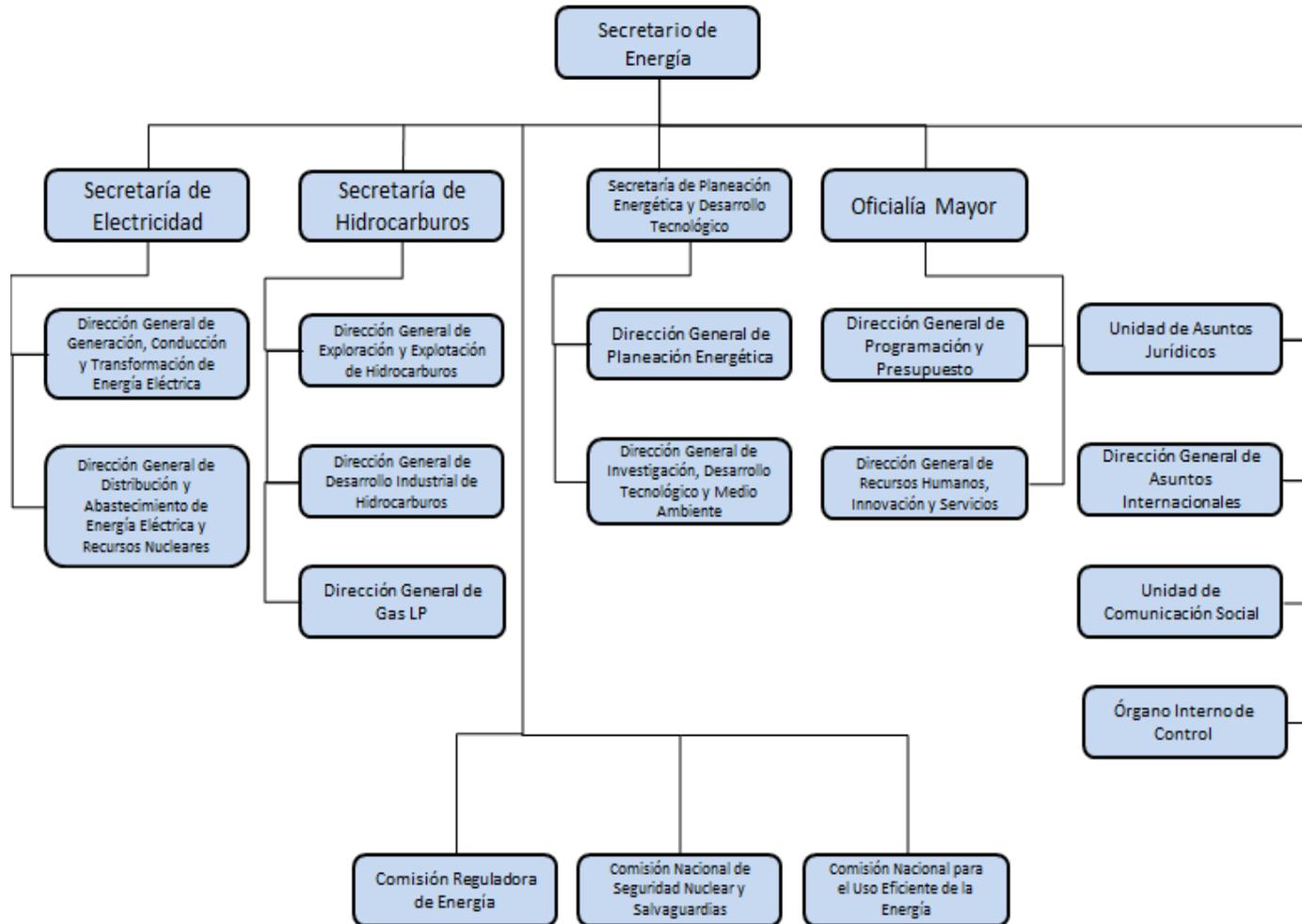
En la figura 3 se muestra el organigrama de la Secretaría de Energía con sus diferentes Secretarías, Direcciones, Unidades y Comisiones.

---

<sup>5</sup> [http://www.sener.gob.mx/portal/mision\\_y\\_vision.html](http://www.sener.gob.mx/portal/mision_y_vision.html), Accesado en octubre 2012

<sup>6</sup> Idem

Figura 3: Organigrama SENER



Fuente: Secretaría de Energía, 2012

## **1.3 Cooperación Alemana en México**

### **1.3.1 Antecedentes**

La relación entre Alemania y México no es reciente, y no sólo en el ámbito técnico, sino en el cultural, pues los primeros reportes que se tienen datan de la estancia de Alexander von Humboldt en México en los años 1803 y 1804<sup>7</sup> que fue parte importante entre la relación de ambos países.

Hay actores importantes en dicha relación cultural bilateral como lo es el Instituto Goethe, encargado de ser un centro cultural que permite a muchos mexicanos conocer más sobre la actualidad de Alemania, sus costumbres e impartir cursos de idioma alemán.

El Servicio de Intercambio Académico Alemán (DAAD) es representado en México desde el año 2001 y gracias a éste, muchos jóvenes mexicanos tienen oportunidad de continuar sus estudios en Alemania.

Los colegios alemanes y clubes deportivos desde su fundación han sido también otra parte importante de la relación cultural.

En el desarrollo económico y social, desde 1962 Alemania puso a disposición 192 millones de Euros,<sup>8</sup> en donde gran parte de ese monto se ha destinado a proyectos técnicos relacionados con el medio ambiente.

### **1.3.2 Actualidad**

Debido a su importancia política y económica en la región México es un socio estratégico para Alemania en América Latina y el Caribe. A diferencia de otros donantes, la cooperación alemana para el desarrollo se ejecuta a través de varios organismos con diferentes funciones que actúan por encargo del Gobierno Alemán a través del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). Este modelo se caracteriza por el alto grado de especialización de sus actores.

La tabla 1 muestra el actor y el tipo de cooperación que se presta en México.

---

<sup>7</sup> Embajada Alemana Ciudad de México,  
[http://www.mexiko.diplo.de/Vertretung/mexiko/es/06\\_20Kultur/Kultur.html](http://www.mexiko.diplo.de/Vertretung/mexiko/es/06_20Kultur/Kultur.html), Accesado en octubre de 2012

<sup>8</sup> Embajada Alemana Ciudad de México,  
[http://www.mexiko.diplo.de/Vertretung/mexiko/es/05\\_20Wirtschaft/Wirtschaftliche\\_Zusammenarbeit/Cooperacion\\_desarrollo.html](http://www.mexiko.diplo.de/Vertretung/mexiko/es/05_20Wirtschaft/Wirtschaftliche_Zusammenarbeit/Cooperacion_desarrollo.html), Accesado en octubre de 2012

**Tabla 1: Cooperación Alemana para el Desarrollo en México**

<b>Actor</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo de cooperación</b>
<b>GIZ</b>	Cooperación Alemana al Desarrollo	Cooperación Técnica
<b>KfW Entwicklungsbank</b>	Banco de Desarrollo	Cooperación financiera
<b>InWEnt</b>	Capacitación y Desarrollo Internacional	Cooperación de Recursos Humanos
<b>CIM</b>	Centro Internacional para Migración y Desarrollo	Cooperación de Recursos Humanos

Fuente: Propia

La base de la cooperación se define en negociaciones bilaterales que se celebran cada dos años. En el caso de México se ha acordado que la cooperación se concentrará en la gestión ambiental, particularmente en las siguientes áreas prioritarias:

- Gestión Ambiental Urbana e Industrial
- Energía Sustentable

El cambio climático ha sido definido como tema transversal que debe ser considerado en todos los programas.

#### Papel de la GIZ en la cooperación Alemana en México

En México la GIZ cuenta con una experiencia en gestión ambiental de más de 30 años. Actualmente se ejecutan tres programas que coinciden con las áreas prioritarias de la cooperación.

La tabla 2 muestra los programas que la GIZ lleva a cabo en nuestro país y la contraparte que recibe la cooperación.

**Tabla 2: Programas de la GIZ en México**

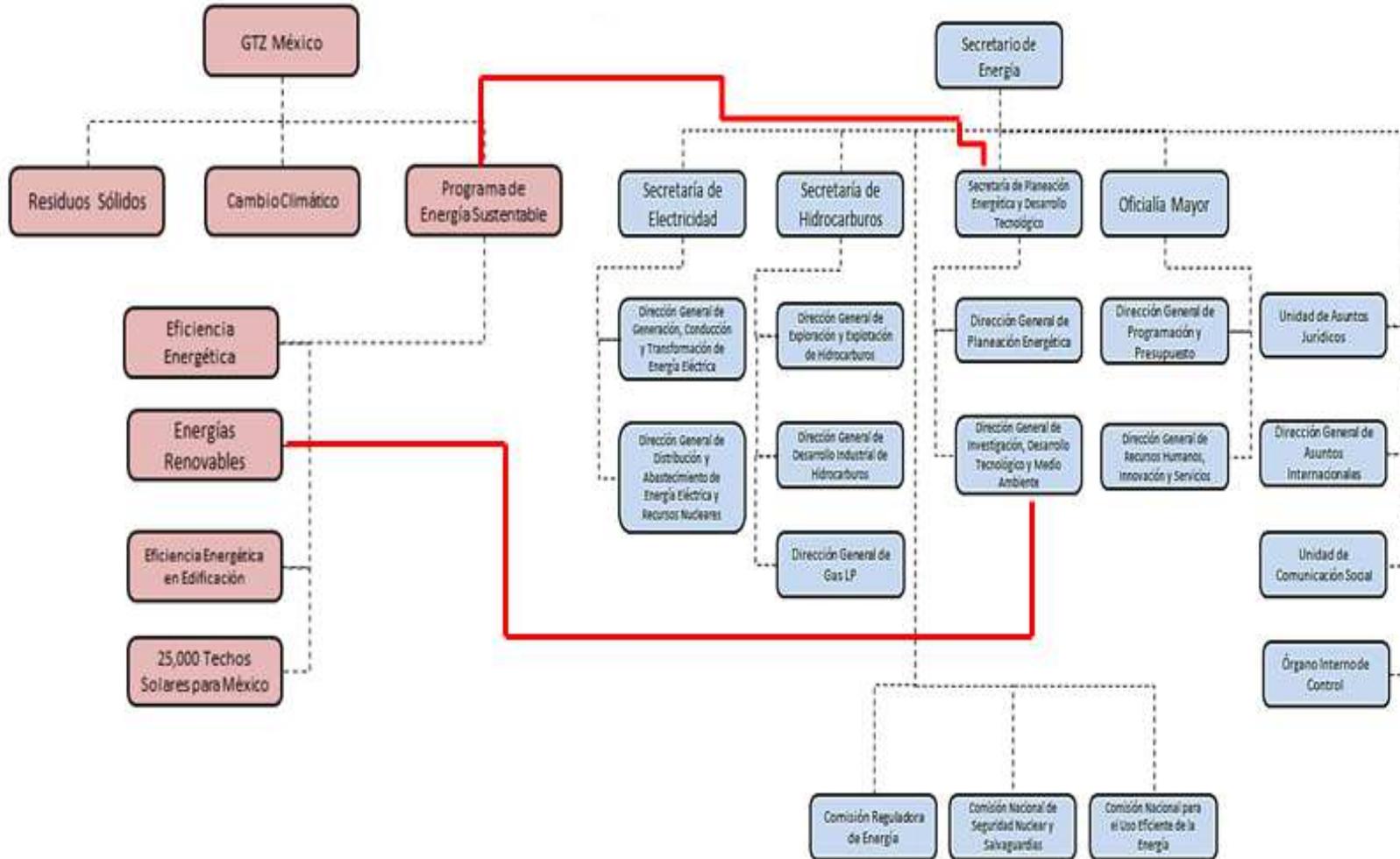
<b>Nombre del programa</b>	<b>Contraparte</b>
Gestión Ambiental Urbana e Industrial (Residuos sólidos, sitios contaminados)	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Energía Sustentable (Energías renovables, Eficiencia energética)	Secretaría de Energía (SENER)
25,000 Techos Solares	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)

Fuente: Propia

### **1.3.3 Organigrama GIZ – SENER**

La relación de la cooperación entre GIZ – SENER se puede ver claramente en la figura 4 en donde se complementan tanto el programa de Energía Sustentable de la GIZ con la Secretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico de la Secretaría de Energía. Además de manera más específica se visualiza al componente de Energías Renovables de GIZ en cooperación con la Dirección General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente:

Figura 4: Organigrama de la Cooperación GIZ - SENER



Fuente: Propia



## 2. Descripción del puesto de trabajo

### 2.1 Tarea general

El trabajo en GIZ se desarrolló en dos periodos, el primero tuvo una duración de 31 semanas y el segundo periodo tuvo una duración de 8 semanas,<sup>9</sup> por lo que cada periodo tuvo una tarea general específica.

#### Tarea general del primer periodo

“Definir criterios de calidad para sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial Mexicano”<sup>10</sup>

#### Tarea general del segundo periodo

“Actualizar la página web del PROCALSOL con textos y documentos”<sup>11</sup>

Adicionalmente la tarea uno tuvo como producto un checklist de calidad que no se especifica en la tarea general ni en los Términos de Referencia y que fue incluido en la parte “Otros productos” de los TdR.<sup>12</sup>

### 2.2 Objetivos

“La GTZ dispone de un panorama de los diversos aspectos de calidad de sistemas de calentamiento solar de agua (hardware e instalación), incluyendo factores concretos que permiten determinar la calidad en el mercado residencial mexicano.”<sup>13</sup>

“La GTZ conoce las prácticas internacionales en programas de promoción para asegurar la calidad de los sistemas de calentamiento solar de agua promovidos y recomendaciones de mejora para México.”<sup>14</sup>

“La página web de PROCALSOL esta actualizada según los criterios de la CONUEE y GTZ.”<sup>15</sup>

---

<sup>9</sup> Anexo 3 “Términos de Referencia (TdR) para expertos de Corto Plazo

<sup>10</sup> Idem. Anexo 3

<sup>11</sup> Idem. Anexo 3

<sup>12</sup> Idem. Anexo 3

<sup>13</sup> Idem. Anexo 3

<sup>14</sup> Idem. Anexo 3

<sup>15</sup> Idem. Anexo 3

## **2.3 Alcances y resultados esperados**

### Alcances

El análisis se enfocó en los sistemas de calentamiento solar de agua prefabricados que utilizan el principio físico del termosifón<sup>16</sup> y que son usados en el sector residencial mexicano. Es importante resaltar que no se tomaron en cuenta los sistemas usados para el calentamiento de albercas.

Para ello se tomó como componentes del sistema al colector, el termotanque y a la tubería con válvulas y aislantes.

También se tomaron en cuenta programas internacionales parecidos a 25,000 Techos Solares para México con el propósito de comparar y ver su aplicabilidad en el programa mexicano.

Para la página WEB del PROCALSOL se tomaron en cuenta textos y gráficos ya existentes para ver si era conveniente actualizar la información que contenían. El propósito fue contar con una página WEB útil y con información reciente idónea para informar a las personas que hagan uso de ella.

### Resultados esperados

Se espera contar con un documento capaz de informar al lector sobre los diferentes aspectos y criterios de calidad que hacen de ella una buena o mala instalación así como conocer sobre el tipo de tecnología y cuál de ellas es la más conveniente de acuerdo a sus usos y costumbres.

Se espera contar con información actualizada en la página WEB del PROCALSOL.

---

<sup>16</sup> Sistemas que funcionan bajo el principio de convección para hacer circular el agua.

## 3. La participación del alumno en la empresa

### 3.1 Descripción de los proyectos en los que colaboró el alumno

#### 3.1.1 Proyecto 25,000 techos solares para México

##### Antecedentes

México es el primer país en América Latina en combinar un subsidio de fondos extranjeros y un crédito hipotecario para promover el uso de ecotecnias.

El Proyecto está basado en el exitoso Programa de Incentivos al Mercado (MAP por sus siglas en alemán) que se implementa desde hace varios años en Alemania y que pretende impulsar y fomentar el uso de las fuentes renovables de energía y eliminar las barreras que inhiben su uso.

Desde junio del 2010 y hasta junio del 2012, se otorgaron 25 mil subsidios para apoyar con una parte del costo del calentador solar de agua (sistema), a derechohabientes del INFONAVIT que adquirieron una vivienda ecológica a través del Crédito INFONAVIT con Hipoteca Verde<sup>17</sup> y que no contaban con otro subsidio relacionado con su compra.

##### Objetivo

- Generar ahorros económicos tanto para las familias (reducción de hasta un 75% en el consumo de gas), como para el Gobierno (reducción de subsidios de gas).
- Facilitar el acceso a una tecnología probada, limpia y sumamente rentable a la población de menores ingresos.
- Fortalecer la industria del calentamiento solar de agua.
- Contribuir a la implementación del Programa Especial de Cambio Climático del Gobierno Federal.

##### Alcances

El programa se centra en aquellos derechohabientes de INFONAVIT que adquieran una vivienda con Hipoteca Verde y obtengan un subsidio para la

---

<sup>17</sup> La Hipoteca Verde es un crédito INFONAVIT que cuenta con un monto adicional para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica con ecotecnologías que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas.

adquisición de un sistema de calentamiento solar de agua cuya tecnología reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### Meta global

Reducir hasta 161,250 tCO<sub>2</sub>e emisiones de gases de efecto invernadero a través de un incremento en el uso de calentadores solares de agua en el sector de vivienda.

### **3.1.2 Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL)**

#### Antecedentes

No es difícil encontrar en muchos textos del sector académico, de investigación, entre otros, que la República Mexicana cuenta con una amplia variedad de recursos energéticos renovables. La riqueza petrolera del país propicia el uso intensivo de hidrocarburos para producir energía, lo que tiene por consecuencia que los recursos renovables que existen en el país no hayan sido explotados tanto como se podrían, o más aún, que no han sido evaluados y tomados en cuenta como deberían.

Dentro del Gobierno Federal Mexicano se han generado nuevas perspectivas hacia la creciente preocupación por un cabal aprovechamiento de las energías renovables, la necesidad de diversificar las fuentes aprovechables de energía y reducir las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero que mucho tiene que ver con el cambio climático actual.

El desarrollo de las energías renovables en nuestro país ha estado presente por más de 30 años<sup>18</sup>, y el uso de calentadores solares de agua se ha dado cada vez más gracias a la investigación de diversas instituciones académicas y a al trabajo que han hecho empresas dedicadas a la fabricación, importación y comercialización de los sistemas.

Por ello, teniendo en cuenta lo importante que es ésta tecnología para la reducción del uso de combustibles fósiles y el aprovechamiento del recurso natural que es el sol, y que en México existen las condiciones propicias para hacerlo, la CONUEE con la colaboración de la GIZ establecen el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México.

---

<sup>18</sup>Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Secretaría de Energía (SENER), GTZ, ANES, (2007). Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL). México

## Objetivos

- “Impulsar en los sectores residencial, comercial, industrial y de agronegocios de México, el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua, a través de fortalecimiento de los mecanismos actualmente en operación y del diseño e implementación de esquemas nuevos e innovadores que lleven a este objetivo.”<sup>19</sup>
- “Garantizar que el crecimiento del mercado del calentamiento solar se lleve a cabo con un nivel de calidad adecuado en los productos y servicios asociados.”<sup>20</sup>
- “Favorecer el desarrollo de la industria nacional, entendida como la que está integrada por fabricantes, diseñadores de sistemas, distribuidores e instaladores de equipos.”<sup>21</sup>
- “Promover la adopción de tecnología desarrollada por los centros de investigación nacionales.”<sup>22</sup>

## Alcances

El programa se enfocará a las aplicaciones de calentamiento solar de agua de los sectores residencial, comercial, industrial y de agronegocios con mayor énfasis en las que ofrezcan la mayor rentabilidad social.

## Meta global

“Tener instalados, para el año 2012, un millón ochocientos mil metros cuadrados de calentadores solares de agua en México.”<sup>23</sup>

En la figura 5 se visualiza la evolución esperada de instalaciones de calentadores solares de agua en un periodo comprendido del año 2008 al año 2012.

---

<sup>19</sup> Idem

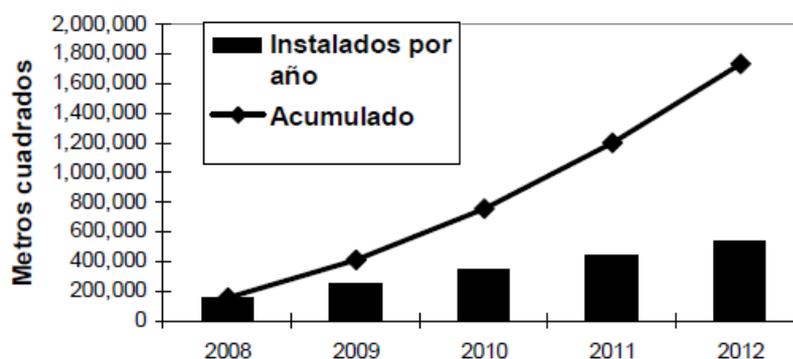
<sup>20</sup> idem

<sup>21</sup> idem

<sup>22</sup> idem

<sup>23</sup> Ídem. Meta definida con base en las bases económicas del mercado en el 2007.

Figura 5: Evolución esperada de metros cuadrados de instalaciones de calentadores solares de agua en México



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Secretaría de Energía (SENER), GTZ, ANES, (2007). Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL). México

### 3.2 Aportaciones del alumno a los proyectos

Durante el trabajo profesional el alumno realizó aportaciones significativas a los proyectos, pues gracias a ellas, se contribuyó en buena parte a la sólida realización de las tareas para encaminar a un resultado satisfactorio.

Primeramente se siguió una metodología base para la realización del trabajo profesional en cada uno de los proyectos:

- 1) Insumos: La GIZ proporcionó insumos con base en la tarea que se iba a llevar a cabo. Dichos insumos eran parte primordial de la metodología, pues eran lo mínimo que el alumno debería de saber para empezar con el trabajo.
- 2) Plan de trabajo: La elaboración de un plan de trabajo indicando las tareas, subtareas, el objetivo, el producto a entregar, la fase y un cronograma indicando la duración de la tarea de una forma gráfica.
- 3) Investigación por parte del alumno: El alumno hizo investigaciones por su cuenta con el fin de complementar la información otorgada por la empresa en los insumos previamente dados.
- 4) Reuniones: El alumno mantuvo reuniones dos veces por semana con su superior con la finalidad de aclarar aquellas dudas que pudieran surgir con el transcurrir de las tareas. Es importante señalar que las dos reuniones semanales eran programadas previamente por el alumno y su superior, pero existía la posibilidad de pedir una reunión de emergencia si la problemática impedía que la tarea se fuera desarrollando conforme a lo planeado.

- 5) Presentaciones parciales: Se realizaron presentaciones parciales ante el equipo de trabajo para mostrar los avances hasta el momento. También dentro de GIZ se hacían reuniones mensuales de los componentes de Energías Renovables y Eficiencia Energética con la finalidad de proyectar ante los demás el estado actual del proyecto.
- 6) Presentación final: Se realizaba una presentación final al término del plazo acordado para la realización del trabajo presentando los resultados obtenidos.
- 7) Feedback: Se hacía una retroalimentación con el alumno para indicarle detalladamente su participación en el proyecto, exponiendo las buenas acciones, las malas y el cómo poder hacer un mejor trabajo.

Asignaturas como Termodinámica, Laboratorio de Máquinas Térmicas, Electricidad y Magnetismo, Sistemas de mejoramiento Ambiental, Sistemas de Calidad, etc., le dieron las herramientas necesarias al alumno para no sólo desarrollar de forma técnica la problemática, sino saber el procedimiento para estructurar un reporte técnico.

Por otra parte, el impacto que tuvo el trabajo profesional no fue sólo el desarrollar un documento, un checklist y una actualización de una página WEB que sirvieran a la GIZ para poner a disposición de los usuarios, sino el impacto en el alumno, pues nunca se había enfrentado a esa clase de retos con la responsabilidad de que su trabajo serviría para aportar más a los temas tratados y que dicho trabajo serviría para que otros actores satisficieran sus necesidades en la consecución de sus propios trabajos.

### **3.3 Aplicación de los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera en el desarrollo del trabajo profesional**

Los conocimientos adquiridos en el plan de estudios fueron un pilar fundamental para la realización del trabajo profesional, pues desde lo más simple del cómo manejar una hoja de cálculo, un editor de texto o una presentación en diapositivas, hasta conceptos técnicos de cómo manejar presiones, concepto de calidad, el uso de herramientas como la tormenta de ideas en las reuniones, ayudaron a conseguir los objetivos planteados.

A continuación se presenta una descripción de los aspectos más importantes del mapa curricular de la carrera Ingeniería Industrial que se aplicaron en el trabajo profesional:

### 3.3.1 Ingeniería Industrial y Productividad

La aplicación de ésta asignatura curricular ayudo mucho ya que fue más teórica al usarse conceptos como la definición de insumo, productividad, creatividad, inventiva, innovación, eficiencia, eficacia y las nociones generales para entender diagramas técnicos. Los indicadores fueron parte importante, pues con base en ellos se podía saber el estado de las instalaciones de calentadores solares de agua.

### 3.3.2 Termodinámica

Los conceptos aprendidos en Termodinámica fueron un punto clave, pues el objetivo de ésta asignatura es la solución de problemas físicos.

Propiedades de las sustancias, en éste caso agua, balance de energía e un sistema de calentamiento solar de agua, sistemas cerrados y abiertos, densidades en el sistema termosifón, el manejo de las presiones para que no dañen los sistemas primario y secundario, temperaturas del agua en ciertos puntos del sistema, fueron puntos importantes aplicados.

El uso de las leyes de la termodinámica se puede aplicar perfectamente en la definición de energías renovables como se muestra a continuación:

*“La energía en cualquiera de sus formas no puede crearse ni destruirse; sólo se puede cambiar de una forma a otra (primera ley de la Termodinámica). Aunque la energía no se pierde, si se degrada en un proceso irreversible (segunda ley de la Termodinámica). Por ello, en rigor la energía no puede considerarse renovable. Lo que puede renovarse es su fuente, por ejemplo el viento, o una caída de agua. Sin embargo, el uso del lenguaje ha llevado a las fuentes renovables de energía a denominarse simplemente energías renovables.”<sup>24</sup>*

### 3.3.3 Termofluidos

Los conceptos básicos de la mecánica de fluidos fueron aplicados. Flujo en tuberías, caudales, dispositivos de medición, el número de Reynolds para calcular el régimen del flujo y así poder calcular las pérdidas de carga en el sistema de calentamiento solar de agua, así como entender el funcionamiento del intercambiador de calor dentro del termotanque.

---

<sup>24</sup> SENER, GTZ, (2009). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. Pp. 13

### **3.3.4 Procesos Industriales**

Se hicieron uso de los conceptos y simbología de un diagrama de flujo, así como el desarrollo de un proceso productivo.

Además sirvió de mucho para entender procesos industriales que requieren agua caliente sanitaria en el sector agronegocios de México. En la página WEB del PROCALSOL se actualizaron textos en donde se habla de ello.

### **3.3.5 Sistemas de Mejoramiento Ambiental**

Se aplicaron conceptos muy valiosos de lo que es el desarrollo sustentable aplicado a las energías renovables en nuestro país. También definiciones como disposición final e impacto ambiental al usar un sistema de calentamiento solar de agua que no es una fuente de contaminación para el ambiente.

### **3.3.6 Relaciones Laborales y Organizacionales**

Un punto importante es lo aprendido en ésta materia respecto al trabajo en equipo y cómo sobrellevarlo, pues en la empresa el alumno tuvo que relacionarse con profesionistas de múltiples disciplinas como ingenieros mecánicos, economistas, administradores, contadores, etc. Además de cómo elaborar un organigrama, salarios, causas de despido, tipos de contratos, huelgas y prestaciones fueron de gran utilidad a lo largo del trabajo profesional.

### **3.3.7 Sistemas de Calidad**

Una de las asignaturas que más fue empleada no sólo porque el informe se ayuda en gran medida de conceptos y herramientas para medir la calidad, sino por el tema central del documento, pues se hizo uso de tormenta de ideas en las reuniones, de normatividad aplicable a la calidad de calentadores solares de agua, de un checklist de calidad aplicado en las viviendas verticales de INFONAVIT, de criterios y aspectos de calidad en un producto al que se llegó, de laboratorios certificados para pruebas de calidad en sistemas y de unidades de verificación para instalaciones de sistemas. Todo con un fin en común, la protección al medio ambiente.

### **3.3.8 Recursos y Necesidades de México**

Ésta fue la asignatura en donde más se habló de la importancia que tienen las fuentes renovables de energía y la abundancia que existe de ellas en nuestro país.

### **3.4 Análisis e interpretación de los resultados de trabajo**

#### **3.4.1 Análisis del producto entregado denominado “Criterios de calidad para sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano”**

El documento fue terminado en junio del año 2010 por encargo de la GIZ en las oficinas de la Secretaría de Energía.

El documento se estructura de la siguiente manera:

- Resumen Ejecutivo
- Introducción
- Componentes del Sistema de Calentamiento Solar
- Dimensiones y Aspectos de Calidad
- Dimensionamiento del Calentador Solar de Agua
- Programas internacionales de promoción de Calentadores Solares de Agua
- Prácticas para garantizar la Calidad de Calentadores Solares de Agua en Programas de Promoción
- Aplicabilidad de las prácticas Internacionales a la Hipoteca Verde en México
- Conclusiones
- Anexos y
- Bibliografía

A continuación se hará un análisis de los resultados obtenidos gracias al documento (el documento completo se encuentra en la sección “Anexos”)

#### Introducción

En la introducción del documento se habla sobre los antecedentes y de cómo la CONUEE fue pionera en la promoción de la tecnología relativa al calentamiento solar de agua con espacios en su sitio de internet dedicados a hablar sobre la tecnología además de trípticos y el programa piloto de gran escala.

También se habla sobre el alcance de dicho trabajo, pues se enfoca en los sistemas prefabricados de tipo termosifón.

Igualmente se señalan los objetivos; disponer de un amplio panorama de los aspectos que se requieren para poder decir que un sistema tiene buena calidad

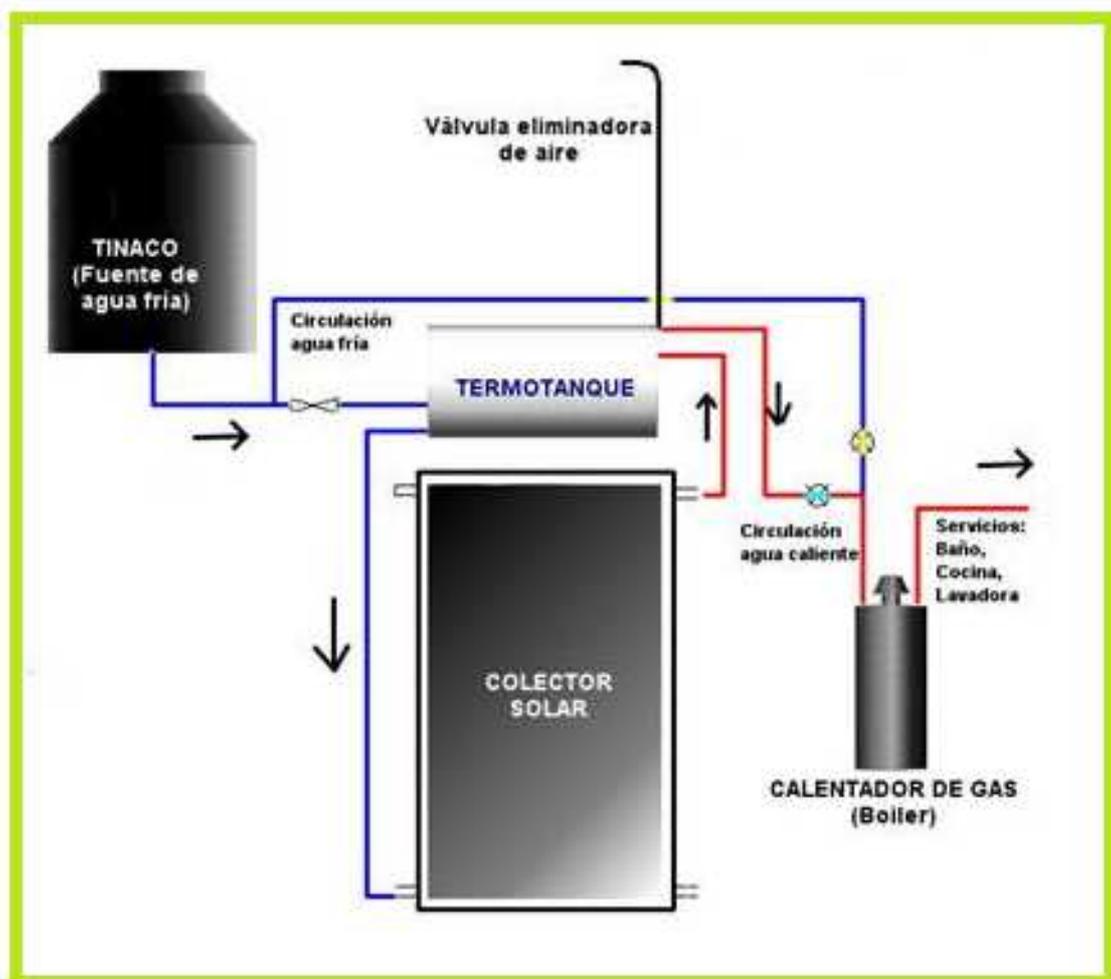
tanto de equipo como de instalación, además de saber que se hace en otros países con programas similares de promoción y si son aplicables al sector mexicano.

Se señala la metodología que se aplicó la cual fue la búsqueda de información en internet complementada con los insumos otorgados por la GIZ y la estructura del documento por capítulos.

### Componentes del Sistema de Calentamiento Solar

Se presenta al sistema que consta de un colector, un termotanque, las tuberías y un calentador de respaldo como lo muestra la figura 6:

Figura 6: Componentes del sistema de calentamiento solar de agua



Fuente: [www.calentamientosolar.org](http://www.calentamientosolar.org)

## Dimensiones y Aspectos de Calidad

Se habla sobre los aspectos y criterios de la calidad del producto, tomando en cuenta al colector, termotanque, intercambiador de calor, tuberías, vasos de expansión, sistemas de respaldo y válvulas.

El colector puede ser plano o de tubos evacuados. La principal diferencia entre éstos dos es el grado de calentamiento del agua, pues los colectores de tubos evacuados calientan a mayor temperatura el agua pero son menos resistentes que los planos.

Se habla sobre la garantía como un aspecto importante de calidad, pues no es lo mismo un colector manufacturado en China a uno que se hizo en Europa.

Los colectores deben de ser resistentes al polvo, el granizo, heladas, radiación UV, cambios de temperatura, al agua potable, al agua dura, a los cambios de presión del agua, etc.

En el caso del termotanque, éste será el dispositivo en el cual se almacenará el agua caliente y puede o no hacer uso de un intercambiador de calor. Los principales aspectos de calidad en un termotanque son el aislamiento, la posición con respecto al colector, el uso de difusores, la válvula de drenado y una protección anticorrosión.

El criterio más importante de un intercambiador de calor es que resista la presión a la cual será sometido.

Las tuberías podrán ser de cobre preferentemente o también de plástico (siempre y cuando soporten las temperaturas máximas de trabajo) tanto en el circuito primario como en el circuito secundario, cuidando el diámetro correcto para el transporte del fluido.

El vaso de expansión (sea abierto o cerrado) será un componente importante, pues absorberá el calor del fluido causante del aumento de presión.

Es importante contar con un sistema de respaldo conectado en serie con el sistema de calentamiento solar de agua para asegurar que siempre habrá agua caliente disponible.

La instalación de válvulas es esencial, pues así se asegura el manejo del fluido dependiendo del trato que se le quiera dar. Las válvulas también deberán de cumplir aspectos de calidad dependiendo del tipo de fundición que sea, aluminio, hierro, acero, latón, etc.,

Los aspectos y criterios de la calidad de la instalación, son igualmente importantes como los del producto, pues una mala instalación repercute directamente en el funcionamiento y en los años de vida útil.

La tabla 3 exhibe los aspectos de calidad que se deben de tener en cuenta para hacer una correcta instalación:

**Tabla 3: Aspectos de calidad en la instalación**

<b>Componente</b>	<b>Aspecto de calidad</b>
Orientación	Sur geográfico
Inclinación	Depende de la estación del año
Pérdidas por orientación e inclinación	Cálculo de límites tolerables
Sombras	Ninguna sombra se debe de proyectar
Aislamiento	Tuberías transportadoras de fluido caliente. Termotanque. Poliuretano el más usado
Fijación	Perfectamente anclado al piso. El termotante perfectamente atornillado a la base del colector
Heladas	Importante que cuente con un mecanismo
Sobrecalentamientos	Válvula termostática
Legionelosis	Control de la temperatura, limitación de los nutrientes para su desarrollo, eliminación de zonas de estancamiento de agua y accesos para la limpieza del equipo.
Protección anticorrosión	Ánodo de sacrificio, pintura anticorrosión
Tuberías	Bien tendidas, bien ancladas, señalizadas

Purga de aire	Se debe de equipar la instalación con líneas de purga
Presión	El sistema deberá de soportar cambios de presión

Fuente: Propia

### Dimensionamiento del calentador solar de agua

Para dimensionar el termotanque se debe multiplicar el número de personas por la demanda de agua que requiera cada una.

Para dimensionar el colector se deben de tener los datos del volumen del termotanque, así como un factor que depende del material con el que estará construido el colector y también el número de personas. Después se debe de elegir el tipo de tecnología de colector (plano o tubos evacuados) que se quiere usar, eso dependerá del uso que se le vaya a dar.

### Programas internacionales de promoción de calentadores solares de agua

Muchos países han encontrado la forma de reemplazar los sistemas tradicionales de calentamiento de agua por solares y que a su vez sean rentables para los usuarios.

La mayoría de los programas internacionales coinciden en otorgar un monto a los usuarios para que puedan pagar su sistema de calentamiento solar de agua. Un aspecto muy importante es que la mayor parte de los programas entre sus requisitos piden que los sistemas sujetos a compra, cuenten con un sello de calidad y/o una garantía en instalación del producto.

### Prácticas para garantizar la Calidad de Calentadores Solares de Agua en Programas de Promoción

Las prácticas más comunes en los programas investigados son la adopción de sellos de calidad, como es el caso del Solar Keymark, un sello muy conocido en Europa y que es símbolo de calidad.

Se puede notar una estandarización en cuanto a pruebas de laboratorios, para que todos los sistemas tengan que acreditar las mismas pruebas.

Las normas europeas son obligatorias, no como en el caso de México, cuyas normas mexicanas son opcionales y al ser así no hay una real satisfacción al saber que un equipo esta acreditado.

Hay una estrecha unión de las empresas que venden calentadores solares de agua con las empresas instaladoras de equipos (que no necesariamente tiene que ser la misma), lo cual genera confianza a la hora de adquirir un equipo.

Existen cursos para instaladores, los cuales al acreditar su aprendizaje, son aptos para trabajar como instaladores certificados.

### Aplicabilidad de las prácticas Internacionales a la Hipoteca Verde en México

Es de suma importancia contar con:

- Sellos de calidad en productos
- Sellos de calidad en instalación
- Laboratorios acreditados
- Instaladores acreditados y una actualización constante
- Creación de cuerpos de acreditación y certificación
- Adopción de normas internacionales obligatorias
- Difusión tanto del programa como de la tecnología (internet, radio, televisión, trípticos, revistas, escuelas)

### Conclusiones

Tener en cuenta las diferentes dimensiones, aspectos y criterios es vital para saber que tipo de sistema es el que más se ajusta a nuestra necesidad.

El dimensionamiento del sistema se debe de hacer con mucho cuidado, pues un sistema sobredimensionado puede llegar a resultar peligroso para el usuario final.

Las experiencias internacionales nos indican que tenemos que contar con sellos de calidad en producto e instalación, laboratorios acreditados, instaladores acreditados y normas obligatorias.

Es indispensable fomentar una cultura hacia las energías renovables en nuestra sociedad, pues es el futuro de nuestro país (presente de muchos otros).

### Anexos

- Balance de energía en el calentador solar de agua
- Insolación global en México

### Bibliografía

### **3.4.2 Análisis del checklist de calidad elaborado**

El checklist (u hoja de verificación) es una de las 7 herramientas de la calidad que sirven para la recopilación y el análisis de la información mediante la observación del comportamiento de un proceso. Es un formato que facilita la toma de datos de una forma ordenada.

El checklist es un impreso con formato de tabla o diagrama destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

La hoja de verificación tiene una ventaja fundamental: refleja rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

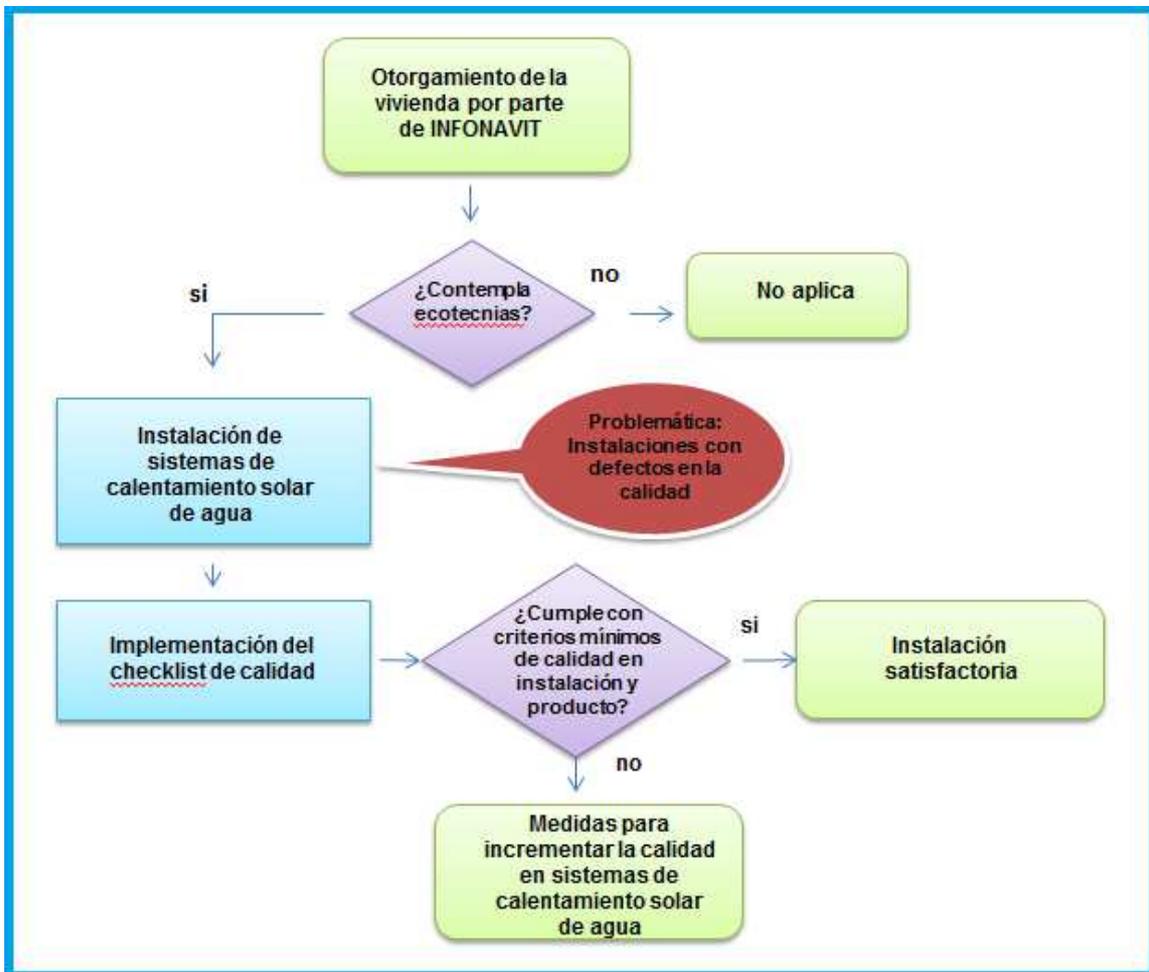
El checklist de calidad elaborado, como previamente se dijo, no formaba parte originalmente de los objetivos del trabajo profesional. Surgió de la necesidad de saber la condición en la que se encontraban los sistemas de calentamiento solar de agua instalados en las viviendas verticales otorgadas por INFONAVIT. La empresa responsable de aplicar el checklist de calidad fue ENERVALIA<sup>25</sup>, quien junto con GIZ entregaron una propuesta para mejorar las condiciones de instalación a INFONAVIT.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo representativo de la problemática:

---

<sup>25</sup> Grupo de empresas dedicadas a dar servicios de consultoría energética, <http://www.enervalia.com/>,  
Accesado en octubre 2012

Figura: 7 Proceso de aseguramiento de la calidad en sistemas de calentamiento solar de agua en la obtención de viviendas por parte de los usuarios



Fuente: Propia

El checklist de calidad consta de dos partes. La primera llamada “Cuestionario para el usuario” y la segunda parte llamada “Cuestionario para el equipo instalado”

#### Cuestionario para el usuario

Como primera parte el checklist contempla un recuadro donde el aplicador del estudio tenía que llenar los siguientes campos como se muestra en la figura 8:

**Figura 8: Datos de partida del checklist de calidad**

Checklist de Calidad	
Delegación del Infonavit: _____	<b>Datos del Sistema de Calentamiento Solar</b>
Nombre del desarrollo: _____	Fabricante: _____
Municipio: _____ Zona climática: _____	Modelo: _____
Desarrollador: _____ No. de viviendas: _____	Empresa instaladora: _____
Fecha de la visita: _____ Hora de la visita: _____	Colector plano (P)/Tubos evacuados (T): _____
No. de viviendas en el desarrollo: _____ No. viviendas con CSA: _____	Fecha de instalación: _____
No. de viviendas por marca: _____	

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

Lo anterior con la finalidad de saber la zona en la que se había hecho el estudio y el tipo de tecnología que se encontraba instalada.

Como siguiente punto se encuentra un recuadro dedicado a datos sobre los tipos de manuales con los que contaba el sistema y si el usuario los tenía en su poder., así como si el sistema contaba con equipo de respaldo, el gasto promedio de gas, la calidad del agua que se ponía a disposición del usuario y la satisfacción que éste mismo percibía. La figura 9 lo muestra a continuación:

**Figura 9: Cuestionario al usuario**

Cuestionario al usuario	Cumple		Observaciones
	Si	No	
1 Número de ocupantes de la vivienda			
2 ¿El sistema cuenta con un manual de instalación?			
3 ¿El sistema cuenta con un manual de operación?			
4 ¿El sistema cuenta con manual de mantenimiento?			
5 ¿El sistema cuenta con garantía?			
6 ¿Se utiliza el sistema de respaldo?			
7 Gasto en gas promedio			
8 Percepción de la calidad del agua			Muy buena__ Buena__ Regular__ Mala__
9 Grado de satisfacción del usuario final			Muy bueno__ Bueno__ Regular__ Malo__

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

Los datos anteriores nos arrojaban resultados sobre el tipo y la cantidad de información con la que habían sido entregados los sistemas a los usuarios y qué tan satisfechos se encontraban.

La primera parte del checklist continúa con datos acerca de la temperatura del agua fría y la temperatura del agua caliente, así como el tiempo que tardaba en salir el agua caliente. Todos los datos anteriores se tomaron en la cocina, ya que es un punto importante en la disposición de agua en una vivienda. Los datos se muestran en la figura 10:

**Figura 10: Datos de la vivienda**

Datos de la vivienda			
10	Temperatura (°C) del agua fría en la vivienda (cocina)		Temperatura: _____
11	Temperatura (°C) a la salida del agua caliente (cocina)		Temperatura: _____
12	Tiempo que tarda en salir el agua caliente (cocina)		Tiempo: _____
13	Caudal aproximado		Caudal: _____

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

También se tenía que hacer una medición del caudal de la disposición final del agua con el propósito de saber el volumen de agua que pasaba por la tubería y así predecir su comportamiento.

Para finalizar la primera parte del checklist, como se muestra en la figura 11, se llenaba un recuadro referente al sistema de respaldo que se usaba en serie con el sistema de calentamiento solar de agua. Los datos nos arrojaban el tipo de sistema, la marca, el modelo, si se encontraba correctamente instalado (en serie con el sistema de calentamiento solar) y una parte muy importante que era la existencia de una válvula termostática, pues muchos de los accidentes en relación a éste tipo de tecnología se dan debido a que no hay una válvula que detenga el flujo del fluido si se encuentra a muy altas temperaturas.

**Figura 11: Sistema de respaldo**

Sistema de respaldo			
14	Tipo de sistema de respaldo (e.g. calentador de depósito, alta recuperación, instantáneo, eléctrico, etc.)		
15	Modelo		
16	Marca		
17	¿Se encuentra instalado en serie con el Sistema de Calentamiento Solar?		
18	¿Existe válvula termostática en la conexión del sistema?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

### Cuestionario para el equipo instalado

La segunda parte del checklist se refiere completamente a aspectos de la calidad en la instalación del sistema.

El primer recuadro muestra los datos generales de la instalación como lo son el acceso al sistema para su mantenimiento, si el equipo cuenta con algún mecanismo contra el sobrecalentamiento del fluido, si el equipo cuenta con lo referido al DIT<sup>26</sup>, la forma en la que el sistema se alimenta con agua, corrosión,

<sup>26</sup> El dictamen de idoneidad técnica (DIT) que emite el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE), constituye un dictamen técnico para el empleo en la edificación de materiales, productos, servicios, sistemas y procedimientos que no cuentan con una norma

rupturas, deformación, la salida del agua caliente en la parte superior del termotanque, si el colector solar se encuentra con la inclinación y la dirección correcta, si alguna sombra se encuentra proyectada o existe la presencia de alguna construcción que pueda proyectar sombra durante el tiempo de mayor captación solar y si la configuración de todos los componentes del sistema es la correcta.

La figura 12 muestra la sección de los datos generales:

**Figura 12: Datos generales**

Datos generales		Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	¿Hay un fácil acceso para el mantenimiento del equipo?			
2	¿El sistema cuenta con algún dispositivo contra sobrecalentamiento del agua?, ¿Cuál en el caso de que aplique?			
3	Confirmación de los datos del equipo / DIT			
4	Documentar la forma como el sistema se alimenta con agua (e.g. Tinaco, red municipal, etc.)			
5	¿Todos los componentes del Sistema de Calentamiento Solar se encuentren en buenas condiciones? ( libres de deformación, corrosión, rupturas, etc.)			
6	¿La salida de agua caliente se encuentra en la parte superior del termotanque?			
7	¿El colector se encuentra dirigido hacia el sur geográfico?			Desviación del equipo con respecto al sur: _____
8	¿El colector cumple con la inclinación de acuerdo a la ubicación geográfica?			Altura: _____ Profundidad: _____
9	¿Alguna sombra se encuentra proyectada sobre el colector?			
10	¿Hay muros u otras instalaciones que puedan proyectar sombra en el colector como mínimo de 9 am a 17 pm?			
11	¿La disposición de los componentes del sistema es la adecuada?, (e.g. tinaco por encima del termotanque, termotanque por encima del colector, etc.)			

Fuente: Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

Otro aspecto importante en la instalación es cómo el sistema de calentamiento solar de agua se encuentra sujetado al suelo, y la siguiente sección del checklist trata sobre eso.

Se recopiló información sobre si el sistema se encuentra anclado, si se encuentra protegido por alguna pintura anticorrosión, si el termotanque se encuentra bien atornillado a su base del colector, si los orificios hechos al suelo no perjudican a la impermeabilización del mismo y si en términos generales el sistema presenta un buen anclaje. La figura 13 nos muestra datos sobre el anclaje:

---

específica o que no existe la infraestructura de laboratorios necesaria para optar por la certificación; tiene una vigencia de un años con refrendos anuales.

**Figura 13: Fijación**

Fijación			
12	¿El sistema se encuentra anclado?		
13	¿Las estructuras metálicas de anclaje se encuentran pintadas con esmalte anticorrosivo?, (no aplica a materiales de acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio)		
14	¿El termotanque se encuentra bien atornillado a la base del colector?		
15	¿Las perforaciones hechas en el lugar de la instalación están perfectamente selladas para no perjudicar la impermeabilización?		
16	En términos generales, ¿el anclaje es el correcto?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

La siguiente parte se refiere exclusivamente a la tubería, su instalación y aspecto, como lo muestra la figura 14:

**Figura 14: Tuberías**

Tuberías			
17	¿El diámetro de la tubería es el adecuado?		Altura de la tubería: _____ Calibre: _____
18	¿Las tuberías están ancladas con abrazaderas por lo menos cada 3[m]?		
19	¿La tubería transportadora de fluido caliente se encuentra aislada?		
20	¿Existen fugas en las tuberías del sistema?		
21	¿Las uniones de tuberías de cobre cuentan con soldadura de estaño sin grumos ni quebradiza y perfectamente adherida al material?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

En la figura 14 se miden parámetros como el diámetro correcto de la tubería, el anclaje con abrazaderas por lo menos cada 3 [m], el aislamiento a la salida del termotanque y hasta la disposición final, la existencia de fugas en las tuberías y el estado de la soldadura en tuberías de cobre.

Las válvulas en el sistema son importantes, ya que es indispensable tenerlas instaladas en caso de que se tenga que cortar el suministro de fluido. El checklist contempla la existencia de válvulas a la entrada del sistema de calentamiento solar, a la salida antes del sistema del respaldo, entre el tinaco y el termotanque, además de contar con una válvula de llenado y otra de drenado para el mantenimiento. La figura 15 presenta lo referente a las válvulas:

**Figura 15: Válvulas**

Válvulas			
22	¿El sistema de calentamiento cuenta con una válvula de paso (by pass) en la alimentación?		
23	¿El sistema de calentamiento cuenta con una válvula de paso (by pass) a la salida, antes del sistema de respaldo?		
24	¿El sistema cuenta con una válvula check (antiretorno) en la alimentación entre el tinaco y el termotanque, con dirección a éste último?		
25	¿El sistema cuenta con una válvula de llenado?		
26	¿El termotanque cuenta con una válvula de drenado en su parte inferior?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

El siguiente recuadro muestra las condiciones de calidad que el termotanque debe de tener, como lo son la capacidad mínima, el aislamiento, tratamiento o dispositivo anticorrosión, fugas, roturas, deformaciones y un respectivo jarro de aire en su parte superior para liberar la presión. La figura 16 nos lo ejemplifica:

**Figura 16: Termotanque**

Termotanque			
27	¿El termotanque es de mínimo 150 [L]?		
28	¿El termotanque se encuentre debidamente aislado? (e.g. poliuretano)		
29	¿El termotanque cuenta con algún tratamiento o dispositivo anticorrosivo?		
30	¿El termotanque presenta fugas, rotura o deformaciones?		
31	¿El termotanque cuenta con un jarro de aire en su parte superior?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

La última parte del checklist depende del tipo de colector solar que se encuentre instalado en el lugar del estudio.

Si se encuentra instalado un colector plano éste debe de tener por lo menos 2 [m<sup>2</sup>] de superficie, la cubierta debe de ser transparente de vidrio o de plástico, libre de cualquier clase de contaminación como el polvo, pintura, piedras, etc., la cubierta del colector debe de estar en buen estado, sin grietas ni roturas, el colector no debe de presentar fugas en su interior, ni en su entrada ni salida y algo muy importante, una válvula anticongelante para evitar que el sistema falle en temporadas frías. La figura 17 recopila los criterios anteriores sobre el colector plano:

**Figura 17: Colector plano**

Colector plano			
32	¿La superficie del colector es de por lo menos 2m <sup>2</sup> ?		
33	¿La cubierta transparente es de vidrio o plástico?, Documentar		
34	¿La superficie del colector presenta algún tipo de contaminante? (e.g. cemento, pintura, polvo, etc.)		
35	¿El colector presenta rota o quebrada la cubierta?		
36	¿El colector presenta fugas o infiltraciones?		
37	¿El colector cuenta con válvula anticongelante?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

En caso de encontrarse instalado un colector de tubos evacuados los aspectos importantes a evaluar son si el colector presenta tubos quebrados, rotos o que ya no tengan vacío, que cada tubo cuente con cubrepolvo además de una protección plástica en la zona de la base y si el colector cuenta con vaso de expansión que éste se encuentre por encima del termotanque y libre de fugas. La figura 18 presenta los criterios para el colector de tubos evacuados:

**Figura 18: Colector de tubos evacuados**

Colector de tubos evacuados			
38	¿El colector tiene tubos evacuados quebrados, rotos o que hayan perdido el vacío?		
39	¿Cada tubo cuenta con un cubrepolvo a la entrada del termotanque ?		
40	¿Cada tubo cuenta con una protección plástica en la zona de la base?		
41	En caso de contar con vaso de expansión. ¿El vaso de expansión se encuentre sobre el termotanque y libre de fugas?		

Fuente: GTZ (2010), Checklist de calidad

El checklist fue aplicado por la empresa ENERVALIA durante los meses de mayo a octubre del año 2010 en diversos desarrollos de construcciones verticales de INFONAVIT.

### **3.4.3 Análisis de la actualización de la página WEB del PROCALSOL**

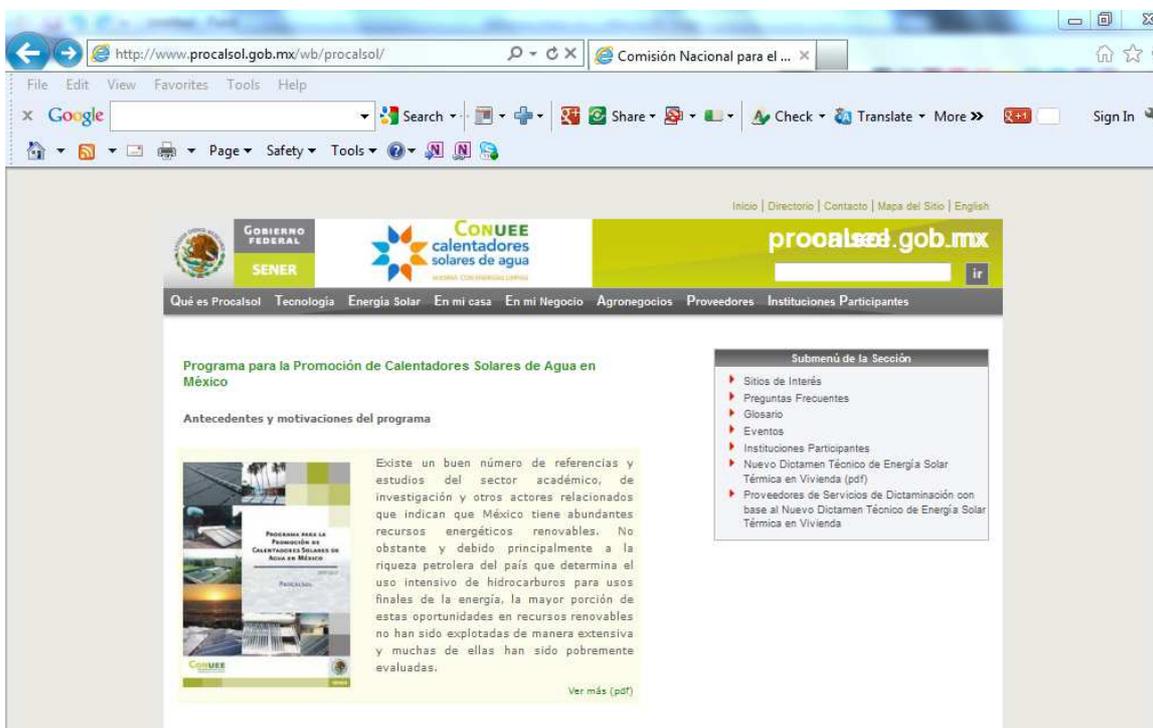
La actualización de los textos y gráficos de la página WEB del PROCALSOL se llevó a cabo los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2010 teniendo como organismo contraparte al componente de Eficiencia Energética de la GIZ que labora en la CONUEE.

En la página WEB del PROCALSOL además de tener la opción de consultar el documento completo, se puede tener acceso a los siguientes temas:

- Qué es el PROCALSOL
- Tecnología
- Energía Solar
- En mi casa
- En mi negocio
- Agronegocios
- Proveedores
- Instituciones participantes

La figura 18 muestra un panorama actual (octubre 2012) de la página WEB del PROCALSOL:

Figura 19: Página WEB del PROCALSOL



Fuente: <http://www.procalso.gov.mx/wb/procalso/>, Accesado en octubre 2012

A raíz de que la actualización se llevó a cabo a finales del año 2010, la página WEB ha sufrido actualizaciones posteriores al trabajo profesional del alumno, sin embargo, la mayoría de los textos y gráficos en los que el alumno trabajó se conservan disponibles en dicha página (octubre 2012) y se muestran a continuación:

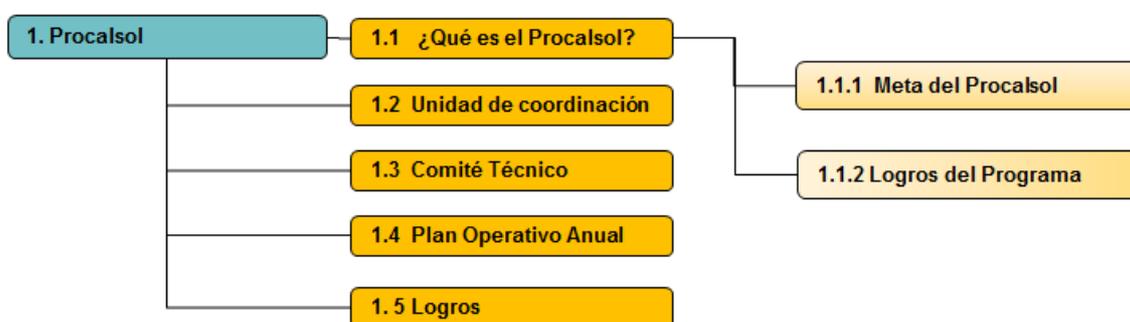
## Qué es Procalsol

Los textos actualizados correspondieron a los subtemas Unidad de coordinación, Comité Técnico, Plan Operativo Anual, Logros y Logros del Programa. Además se complementó la información con una nueva gráfica añadida con la evolución esperada de [m<sup>2</sup>] de calentadores solares por sectores para el periodo 2008 – 2012.

El objetivo de dicho tema es explicar al usuario lo que es el programa, cómo y por quiénes se compone y los logros obtenidos.

La figura 19 muestra un esquema de la sección “Procalsol”:

Figura 20: Qué es Procalsol



Fuente: Propia

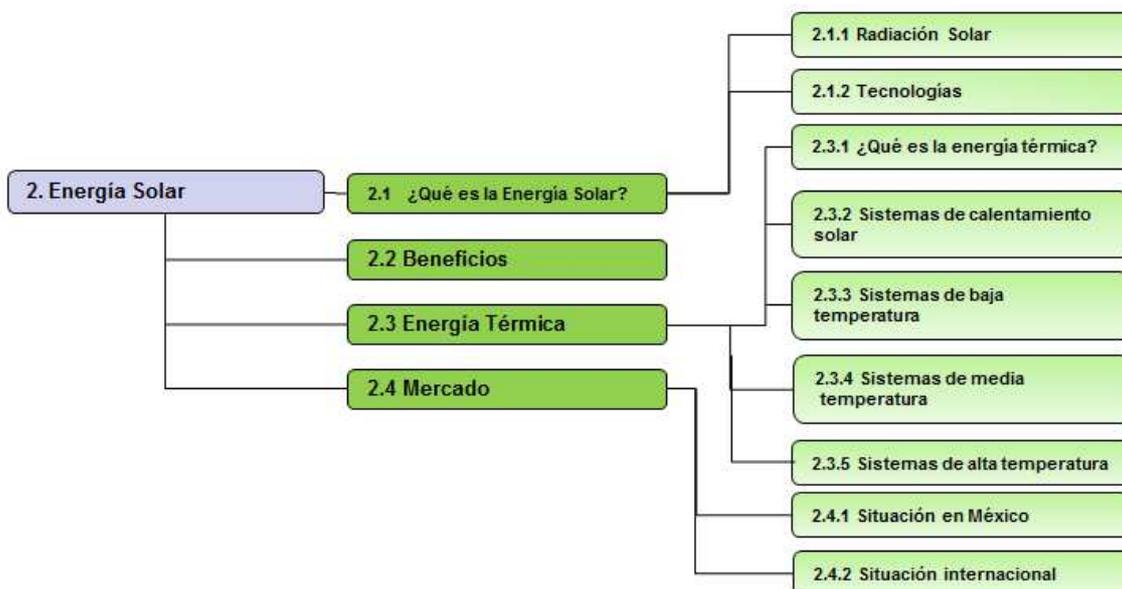
## Energía Solar

La segunda parte llamada Energía Solar fue actualizada en su parte “Beneficios” con la siguiente información:

- 1) Beneficios económicos
- 2) Beneficios energéticos
- 3) Beneficios ambientales
- 4) Otros beneficios

Además de lo anterior, lo respectivo a “Sistemas de calentamiento solar” fue actualizado con ilustraciones referentes al tema. La figura 20 nos muestra un esquema de la actualización de “Energía Solar”:

Figura 21: Energía Solar



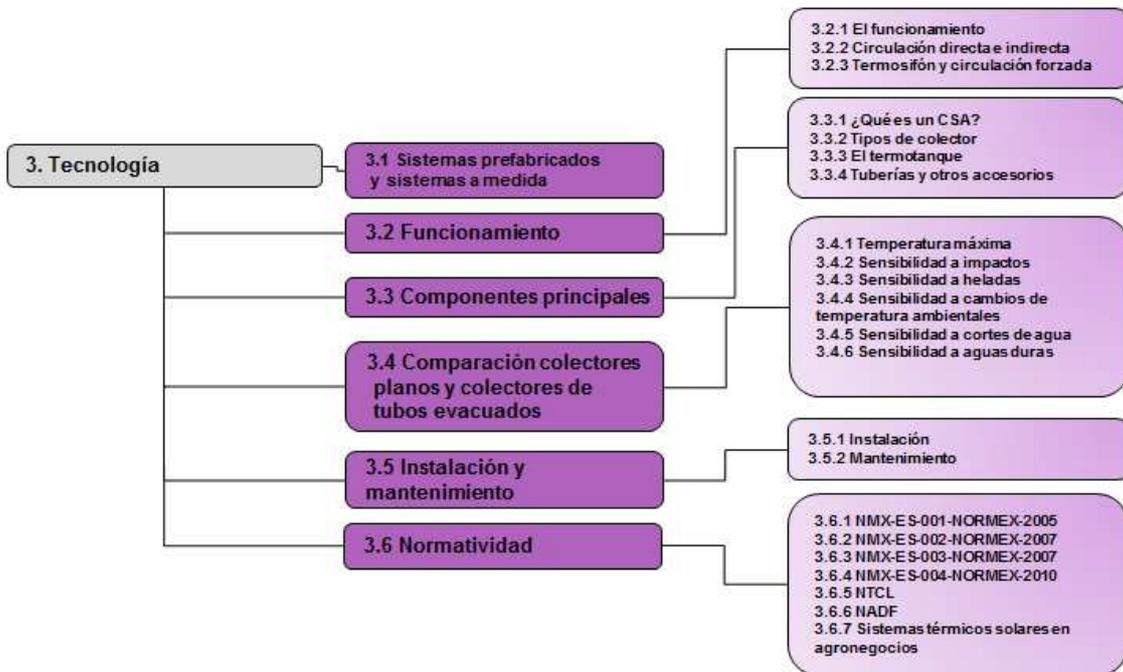
Fuente: Propia

## Tecnología

Fue la parte que más se actualizó y se hicieron textos nuevos, pues toda la sección de “Componentes principales” y “Comparación colectores planos y colectores de tubos evacuados” fue redactada por el alumno, pues no se tenía en la página WEB.

Además se actualizó la sección de “Normatividad” con una breve descripción de cada una de las normas voluntarias y se crearon links para visualizar algunas normas disponibles de forma completa. La sección “Tecnología” se despliega en la figura 21:

Figura 22: Tecnología



Fuente: Propia

### En mi casa

Esta sección sufrió una actualización en el subtema “Financiamiento”, pues se puso a disposición de los usuarios la información de las instituciones que ayudan con ecotecnias.

La figura 22 ejemplifica la sección “En mi casa”:

Figura 23: En mi casa

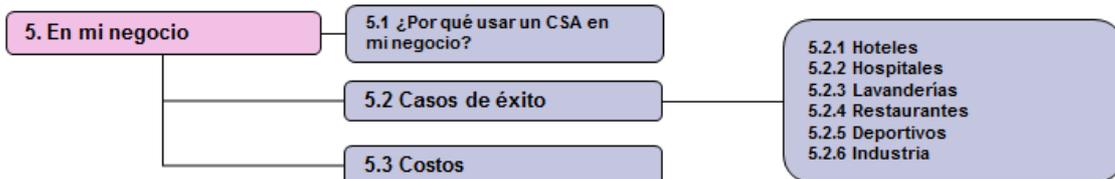


Fuente: Propia

### En mi negocio

No sufrió cambios, debido a que no se tenía información relevante que agregar. En la figura 23 se muestra un esquema de dicha sección:

Figura 24: En mi negocio



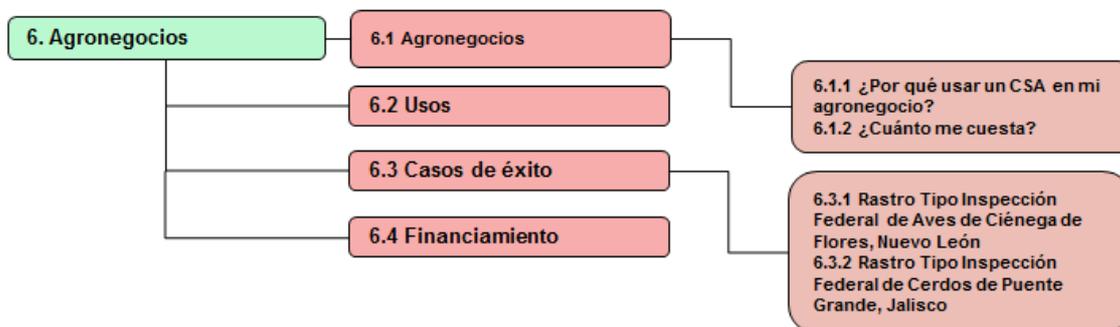
Fuente: Propia

### Agronegocios

La sección actualizada fue "Usos" con una tabla describiendo los procesos con mayor potencial en el uso de sistemas térmicos solares.

La figura 24 muestra el diagrama de la sección:

Figura 25: Agronegocios



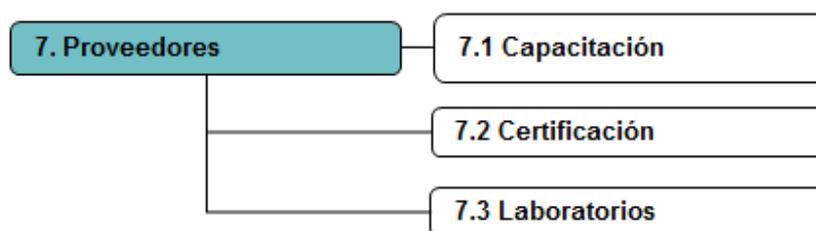
Fuente: Propia

## Proveedores

La sección “Proveedores” fue nueva, pues se contaba con un curso de capacitación para instaladores y capacitadores el cual se subió íntegro a la página WEB para que cualquier persona lo pudiera descargar. El principal objetivo del curso de capacitación a instaladores es que adquieran las competencias necesarias para llevar a cabo, con calidad, la instalación de sistemas de calentamiento solar de agua.

En el nuevo texto también se puede encontrar una amplia lista de certificadores y de laboratorios de pruebas. La figura 25 clarifica la sección:

Figura 26: Proveedores



Fuente: Propia

Por último, la sección “Instituciones Participantes” no sufrió modificaciones, pues los organismos que participaban al momento de la actualización eran las mismas que se encontraban vigentes.



## Conclusiones

El trabajo profesional tuvo como resultado tres productos elaborados. Los objetivos de la GIZ indicaban contar al finalizar la participación del alumno con un documento donde se explicaran las diferentes dimensiones, criterios y aspectos de calidad tanto en instalaciones como en productos de equipos de calentamiento solar de agua y a su vez contar con experiencias internacionales en programas de promoción de este tipo de tecnología para saber qué se puede aplicar en un país como México.

El resultado fue un documento elaborado por el alumno con todas y cada una de las partes que la empresa pidió.

La empresa también tomó como objetivo contar con la página WEB del PROCALSOL actualizada con textos y gráficos, así como la creación de nuevos textos y nuevos gráficos para complementar la información de la página WEB.

Como resultado se obtuvieron textos actualizados y también nuevos textos y gráficas creadas por el alumno con base en una investigación. La nueva información posteriormente fue tomada y subida a la página WEB del PROCALSOL. Hoy en día (octubre 2012) se puede visitar una página del PROCALSOL con información que el alumno elaboró.

Durante el trabajo profesional la GIZ recurrió a un objetivo emergente: elaborar un checklist de calidad para saber la calidad de las instalaciones de calentadores solares en viviendas verticales otorgadas por INFONAVIT.

Como resultado el alumno elaboró el checklist de calidad para ser aplicado por ENERVALIA y éste tuvo un gran impacto, pues el checklist elaborado fue el mismo que fue aplicado y gracias al mismo se llegó a la conclusión de que gran parte las instalaciones de calentadores solares de agua se encontraban en mal estado y que se debería de dar un cambio radical en la forma en la que los instaladores se certifican para realizar su trabajo.

Por todo lo anterior se puede llegar a la conclusión de que el trabajo profesional en la Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit fue satisfactorio.

Pero hay algo más que el alumno aprendió, y es mucho más intangible que lo anterior; la experiencia.

## Bibliografía

- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Secretaría de Energía (SENER), GTZ, ANES, (2007). Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL). México
- Página WEB Embajada Alemana Ciudad de México. <http://www.mexiko.diplo.de/>, Accesado en octubre 2012
- Página WEB ENERVALIA. <http://www.enervalia.com/>, Accesado en octubre 2012
- Página WEB INFONAVIT. <http://portal.infonavit.org.mx>. Accesado en octubre 2012
- GTZ (2010). Checklist de calidad. México
- GTZ (2010). Criterios de calidad en los sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano. México
- GIZ (2011). Manual de Identidad. Alemania
- GTZ (2010). Términos de Referencia para Expertos de Corto Plazo (TdR). México
- Página WEB PROCALSOL. <http://www.procalsol.gob.mx/wb/>, Accesado en octubre 2012
- Página WEB Secretaría de Energía. <http://www.sener.gob.mx/>, Accesado en octubre 2012
- SENER, GTZ, (2009). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. México

## Anexo 1



Cooperación Técnica entre México y Alemania  
Programa Energía Sustentable



# Criterios de calidad en los sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano

Realizado por:

Ricardo Laurencez Reyes

Por encargo de:

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH  
Cooperación Técnica Alemana

En cooperación con:

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)

México, D.F., Junio 2010

Este documento ha sido preparado a iniciativa de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México” de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Cooperación técnica alemana) implementada por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), y fue elaborado por el(los) consultor(es) externo(s). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del (de los) autor(es) y no necesariamente representan la opinión de la CONAE y/o de la GTZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Edición y Supervisión: Martin Amtmann  
Autor: Ricardo Laurencez Reyes  
Diseño: GTZ México  
Fotos:

Impreso en México  
Imprenta:  
Tiraje:

© **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH**  
Cooperación Técnica Alemana  
Dag-Hammerskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
[www.gtz.de](http://www.gtz.de)

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

## Tabla de Contenido

<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Introducción .....</b>	<b>13</b>
1.1 Antecedentes .....	13
1.2 Alcance .....	13
1.3 Objetivos .....	13
1.4 Metodología .....	14
1.5 Estructura.....	14
<b>2 Componentes del Sistema de Calentamiento Solar .....</b>	<b>15</b>
<b>3 Dimensiones y Aspectos de Calidad .....</b>	<b>17</b>
3.1 Concepto de calidad.....	17
3.2 Aspectos y criterios de la calidad del producto .....	17
3.2.1 Colector.....	18
3.2.2 Termotanque.....	31
3.2.3 Intercambiador de calor .....	33
3.2.4 Tuberías .....	35
3.2.5 Vasos de expansión .....	38
3.2.6 Sistema de respaldo.....	40
3.2.7 Válvulas.....	41
3.3 Aspectos y criterios de la calidad de la instalación .....	42
3.3.1 Orientación.....	43
3.3.2 Inclinación .....	43
3.3.3 Pérdidas por orientación e inclinación .....	43
3.3.4 Sombras.....	46
3.3.5 Aislamiento.....	46
3.3.6 Fijación.....	47
3.3.7 Heladas .....	48
3.3.8 Sobrecalentamientos.....	49
3.3.9 Legionelosis .....	51
3.3.10 Protección anticorrosión .....	51
3.3.11 Tuberías .....	54
3.3.12 Purga de aire.....	54

3.3.13 Presión.....	55
<b>4 Dimensionamiento del CSA .....</b>	<b>57</b>
4.1 Datos de partida.....	57
4.1.1 Condiciones de uso .....	57
4.1.2 Condiciones climáticas .....	57
4.1.3 Materiales del colector.....	57
4.2 Procedimiento .....	58
4.2.1 Dimensionamiento del termotanque .....	58
4.2.2 Dimensionamiento del colector.....	58
4.3 Verificación .....	58
4.4 Ejemplo de aplicación para dimensionamiento.....	58
4.5 Selección del tipo de colector.....	59
4.5.1 Colector Solar Plano.....	59
4.5.2 Colector Solar de Tubos Evacuados .....	60
<b>5 Programas Internacionales de promoción de CSA .....</b>	<b>61</b>
5.1 California Solar Initiative (E.U.A) .....	61
5.2 Thermal Solar Scheme (Portugal) .....	64
5.3 Renewable Energy Bonus Scheme (Australia) .....	66
5.4 One Million Green Home Project (Corea del Sur).....	68
5.5 Solar Water Heating Programme (Sudáfrica) .....	69
5.6 Prosol II (Tunisia) .....	71
5.7 EcoEnergy Retrofit Programme (Canadá).....	73
5.8 Market Rebate Programme for Renewable Energy (MAP) (Alemania) .....	74
5.9 Accelerated development and deployment of solar water heating systems in domestic, industrial and commercial sectors from April 2008 to March 2010 (India)....	76
5.10 Solar Water Heating Finance Assistance Programme (Nueva Zelanda).....	78
5.11 Providing tax relief for solar thermal systems (Chile).....	79
<b>6 Prácticas para Garantizar la Calidad de CSA en Programas Internacionales de Promoción .....</b>	<b>81</b>
6.1 Producto.....	81
6.1.1 California Solar Initiative (E.U.A) .....	81
6.1.2 Prosol II (Tunisia) .....	87
6.2 Instalación.....	90
6.2.1 Ayuda de impuestos para instalaciones solares térmicas (Chile).....	90
6.2.2 Prosol II (Tunisia) .....	95
<b>7 Aplicabilidad de las Prácticas Internacionales a la Hipoteca Verde en México .....</b>	<b>99</b>

<b>8 Conclusiones .....</b>	<b>101</b>
8.1 Resumen de los resultados .....	101
8.2 Recomendaciones para asegurar la calidad en los CSA .....	101
<b>Anexo 1: Balance de energía en el CSA .....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 2: Insolación global en México .....</b>	<b>109</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>112</b>

### Lista de Tablas

Tabla 1: Vida útil y garantía proporcionada por empresas Mexicanas para colectores solares .....	19
Tabla 2: Conductividad de materiales metálicos usados en la construcción de placas captadoras .....	23
Tabla 3: Características de un típico tubo de vacío .....	27
Tabla 4: Características del tubo U Pipe .....	30
Tabla 5: Temperaturas para agua caliente sanitaria .....	35
Tabla 6: Factor de ensuciamiento .....	35
Tabla 7: Tuberías aceptadas para CSA .....	36
Tabla 8: Características de válvulas usadas en CSA .....	41
Tabla 9: Espesores de aislamientos .....	47
Tabla 10: Características de una válvula termostática .....	50
Tabla 11: Revestimientos adecuados para tuberías metálicas .....	52
Tabla 12: Propiedades de los ánodos de sacrificio .....	53
Tabla 13: Relación de materiales del colector y radiación solar .....	57
Tabla 14: California .....	61
Tabla 15: Portugal .....	64
Tabla 16: Australia .....	66
Tabla 17: Corea del sur .....	68
Tabla 18: Sudáfrica .....	69
Tabla 19: Tunisia .....	71
Tabla 20: Canadá .....	73
Tabla 21: Alemania .....	74
Tabla 22: India .....	76
Tabla 23: Nueva Zelanda .....	78
Tabla 24: Chile .....	79
Tabla 25: Pruebas que se realizan en la certificación OG-100 .....	81
Tabla 26: Criterios para la certificación OG-300 .....	83
Tabla 27: Normas Europeas adoptadas para el sello Solar Keymark .....	88
Tabla 28: Proceso de certificación para laboratorios .....	88
Tabla 29: Memoria técnica del CSA .....	90
Tabla 30: Etapas para asignar sello Qualisol .....	95
Tabla 31: Curso para instaladores Qualisol .....	96
Tabla 32: Irradiación global media en la República Mexicana en [ <i>KWh/m<sup>2</sup>día</i> ] .....	109

### Lista de Figuras

Figura 1: Sistema de Calentamiento Solar de Agua Termosifón.....	15
Figura 2: Años de garantía de colectores planos y de tubos evacuados por país.....	18
Figura 3: Componentes de un colector solar plano.....	21
Figura 4: Geometría de tubos en la placa captadora .....	25
Figura 5: Unión del tubo a la placa captadora .....	25
Figura 6: Componentes de un tubo evacuado .....	28
Figura 7: Tubo heat pipe .....	29
Figura 8: Estratificación de las temperaturas en un termotanque .....	32
Figura 9: Colector de tubos evacuados con intercambiador de calor.....	34
Figura 10: Perfil del colector.....	44
Figura 11: Ángulo azimut de un colector .....	44
Figura 12: Límites de inclinación aceptables .....	45
Figura 13: Métodos de fijación de un colector comercial .....	48
Figura 14: Sello SRCC OG-100.....	83
Figura 15: Acreditación Solar Keymark .....	89
Figura 16: Diagrama del balance de energía en un CSA.....	104
Figura 17: Ubicación del termotanque respecto al colector solar.....	106

### Listado de Abreviaturas

ACS	Agua Caliente Sanitaria
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
°C	Grado Centígrado
CAD	Dólar Canadiense
CERN	Comité Europeo de Estandarización
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CSA	Calentador Solar de Agua
CSI	Iniciativa Solar California
CST	Calentador Solar Térmico
CSTB	Centro Científico y Técnico de Bâtiment
CTMCCV	Centro Técnico de Materiales de Construcción, Cerámica y Vidrio
DIT	Dictamen de Idoneidad Técnica
Dm	Decímetro
EA	Cooperación Europea para la Acreditación
ESTIF	Federación Europea de la Industria Solar Térmica
EUR	Euro
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (Cooperación Técnica Alemana)
h	Hora
HP	Tubo Heat-Pipe
ILAC	Laboratorio de Cooperación Internacional de Acreditación
in	Pulgada
INNORPI	Instituto Nacional de la Normalización y de la Propiedad Industrial
INR	Rupia India
K	Kelvin
kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
KgK	Kilogramo Kelvin
KJ	Kilojoule
KW	Kilowatt
KWh	Kilowatt hora
L	Litro

lb	Libra
m	Metro
mm	Milímetro
mV	Milivolt
nm	Nanómetro
NO <sub>x</sub>	Óxido de nitrógeno
NZD	Dólar de Nueva Zelanda
Pa	Pascal
PB	Polibutileno
PE	Polietileno
PE-RT	Polietileno resistente a la temperatura
PE-X	Polietileno reticulado
PP	Polipropileno
PV	Fotovoltaico
PVC	Policloruro de vinilo
PVC-C	Policloruro de vinilo clorado
PyME	Pequeña y Mediana Empresa
R	Resistencia térmica
s	Segundo
SK	Solar Keymark
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
SRCC	Certificación Solar Rating
SST	Sistema Solar Térmico
TND	Dinar Tunecino
TUNAC	Consejo de Acreditación de Tunisia
UP	Tubo U-Pipe
USD	Dólar de los Estados Unidos
UV	Ultravioleta
W	Watt

**Tipo de cambio usado en el estudio (22.06.2010)**

1 MXN	=	0.0647 Euro	=	0.0801 US\$
1 Euro	=	1.2384 US\$	=	15.4348 \$ MXN
1 US\$	=	0.8072 Euro	=	12.4628 \$ MXN

Fuente: [www.oanda.com](http://www.oanda.com)



## Resumen Ejecutivo

México cuenta con condiciones geográficas de latitud y clima que son propicias para utilizar equipos de calentamiento solar de agua en casas e industrias y más si cuando menos en los hogares el calentar agua representa un 50% del consumo de gas LP o natural. Además México cuenta con una gran cantidad de industria de turismo con una enorme cantidad de hoteles con albercas que en buena parte del año requieren calentamiento. Esto significa que existe un gran mercado para calentamiento solar de agua en México. Por lo mismo, existen muchos fabricantes de equipos y también empresas que importan equipos manufacturados en otras partes del mundo. Sin embargo, los niveles de aprovechamiento no son equiparables con relación al potencial y comparativamente con países con menor recurso solar.

La competencia a la energía solar viene dada por combustibles fósiles como gas LP, el gas natural, el diesel y el combustóleo que acaparan una gran parte del mercado. Hasta hace pocos años estos combustibles gozaban de un subsidio importante, lo que hacía difícil pensar en energías alternativas. Sin embargo, estos subsidios poco a poco han ido desapareciendo, abriendo campo a las energías renovables como la solar.

El desconocimiento de la tecnología quizá sea la razón más importante para que no sea tan generalizado el uso de CSA en los hogares mexicanos y es que hay mucha gente que ignora la existencia de estos. Esto tiene que ver con que la industria solar mexicana no tiene aún la capacidad ni los espacios para promocionar su tecnología y que el público lo vea. Sin embargo, existen actores que se han preocupado por difundir dentro de lo que más pueden las tecnologías, como es el caso de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). El costo del equipo es otra razón para no usar CSA, pues no es una sorpresa que la mayoría de los equipos en México sean dirigidos al calentamiento de albercas, hogares que tienen los recursos necesarios para invertir en esta tecnología.



## 1 Introducción

El calentamiento de agua con energía proveniente del sol a la temperatura que nosotros la usamos para realizar nuestras actividades cotidianas, es un proceso muy simple: es necesaria una superficie que se caliente con el sol que este en contacto con una tubería por donde pasa el agua que se va a calentar y un depósito en donde se acumulará el agua caliente para su disposición final. Por lo tanto, los materiales con los que están hechos los dispositivos para el calentamiento de agua se pueden conseguir con una relativa facilidad y esto da parte a que un equipo de calentamiento solar pueda tener muchos diseños, y por lo mismo, una variedad de precio.

### 1.1 Antecedentes

Un intento relativamente reciente del Gobierno Federal para hacer avanzar a la industria en el mercado residencial, arrancó la CONUEE en 2002 con la participación de los seis principales fabricantes nacionales. Este programa piloto de venta de colectores solares para el sector doméstico, llevado a cabo con una fuerte carga de innovación, se planteó después de un largo proceso de discusión interna en la CONUEE de la forma de tener un programa de gran escala. No existiendo todavía normas para equipos y sistemas pero con la necesidad de poder garantizar un nivel mínimo de calidad, la CONUEE estableció, en primer lugar y consensado con la ANES, reglas de entrada al programa para las empresas, en particular una presencia nacional comprobada y una lista amplia de usuarios que pudieran ser consultados para referencia del trabajo de las empresas. En segundo lugar, y como medio de promoción y ventas, la CONUEE estableció una sección particular en su sitio en Internet que, además de informar sobre la tecnología y las reglas del programa, permitiese a los interesados solicitar, al mismo tiempo y todos recibiendo la misma información, un presupuesto para la compra de un equipo. En tercer lugar, dentro de un contexto de reducciones presupuestales en la CONUEE, una campaña de promoción que incluyó la impresión de trípticos, el posicionamiento privilegiado en la página principal del sitio de la CONUEE de una liga a la información sobre el programa y una serie de ferias apoyadas por autoridades locales en varias colonias del DF, Estado de México, Morelos y Puebla.

### 1.2 Alcance

El presente análisis se enfocará a los sistemas de calentamiento solar de agua prefabricados del tipo termosifón que se usan en el sector residencial mexicano.

### 1.3 Objetivos

- Disponer de un panorama de los diversos aspectos de calidad de sistemas de calentamiento solar de agua (hardware e instalación), incluyendo factores concretos que permiten determinar la calidad en el mercado residencial mexicano.
- Conocer las prácticas internacionales en programas de promoción para asegurar la calidad de los sistemas de calentamiento solar de agua promovidos y recomendaciones de mejora para México.

## **1.4 Metodología**

La metodología de trabajo para el presente estudio contempló la búsqueda, recopilación y análisis de información de internet así como el análisis de insumos proporcionado por GTZ.

## **1.5 Estructura**

En el capítulo 2 se da una breve descripción de los componentes del sistema de calentamiento solar. El capítulo 3 está dedicado a explicar las diferentes dimensiones, aspectos y criterios de los CSA tanto para los sistemas como para las instalaciones. El dimensionamiento del sistema se explica en el capítulo 4, como una manera de seleccionar el sistema adecuado para cada necesidad. Los programas internacionales de promoción se visualizan en el capítulo 5, explicando las características de cada uno y su forma de manejo. En el capítulo 6 se explican las prácticas de los programas internacionales de promoción de CSA para garantizar la calidad tanto de equipos como de instalación. La aplicabilidad de las prácticas internacionales para garantizar la calidad en la hipoteca verde se comenta en el capítulo 7. Finalmente el capítulo 8 es dedicado para dar conclusiones y recomendaciones.

## 2 Componentes del Sistema de Calentamiento Solar

Los CSA de tipo termosifón son sistemas fototérmicos que utilizan la energía térmica del sol para calentar agua sin ningún tipo de combustible, por lo cual, hay que tener mucho cuidado en la forma en la que están contruidos, instalados y operados, pues son sistemas con gran autonomía ya que trabajan con tres sencillos principios físicos: el efecto invernadero que se genera dentro de la carcasa, la propiedad del agua caliente de ubicarse por encima del agua fría y la capacidad que tienen algunos materiales de absorber energía en forma de calor.

En general, un CSA de tipo termosifón consta de los siguientes componentes:

- Uno o más colectores para capturar la energía del sol.
- Un termotanque de almacenamiento de agua caliente.
- Un sistema de circulación para mover el fluido entre el colector, el termotanque y su uso final.
- Un sistema auxiliar de calentamiento de agua.

Figura 1: Sistema de Calentamiento Solar de Agua Termosifón



Fuente: <http://ecoenergymexico.com/faq.html>



## 3 Dimensiones y Aspectos de Calidad

### 3.1 Concepto de calidad

La calidad se define como **la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor.**<sup>1</sup>

Para poder explicar los amplios aspectos de los que depende la calidad de un sistema de calentamiento solar del tipo termosifón, el presente reporte distingue las siguientes dimensiones de calidad, parte importante para el usuario final, ya que de estas dependerá el grado de utilidad y aprovechamiento del sistema.

- Producto
- Instalación
- Dimensionamiento

Por lo anterior y por la sencillez del sistema, será posible medir la calidad de los CSA gracias a las dimensiones, aspectos y criterios que valen la pena analizar para tener un panorama y con ello, garantizar su óptimo funcionamiento a lo largo de su vida útil.

### 3.2 Aspectos y criterios de la calidad del producto

En el presente estudio se detallarán a fondo aspectos y criterios que servirán como parámetro para medir la calidad de los CSA. Definiremos aspecto como el conjunto de rasgos o características extrínsecas del CSA que nos dirán la apariencia del sistema de una forma más general. Por su parte, definiremos criterio como el conjunto de rasgos o características intrínsecas del CSA que nos permitirán determinar la calidad. La diferencia entre aspectos y criterios es que los primeros nos darán un panorama general y los segundos nos darán un panorama detallado, pero ambos parámetros nos servirán para proporcionar un juicio de valor y así decir si un sistema de calentamiento es de buena o mala calidad.

Para los aspectos y criterios de la calidad del producto se analizarán los siguientes componentes del sistema de calentamiento solar:

- Colector
- Termotanque
- Intercambiador de calor
- Tuberías
- Vaso de expansión
- Sistema de respaldo
- Válvulas

---

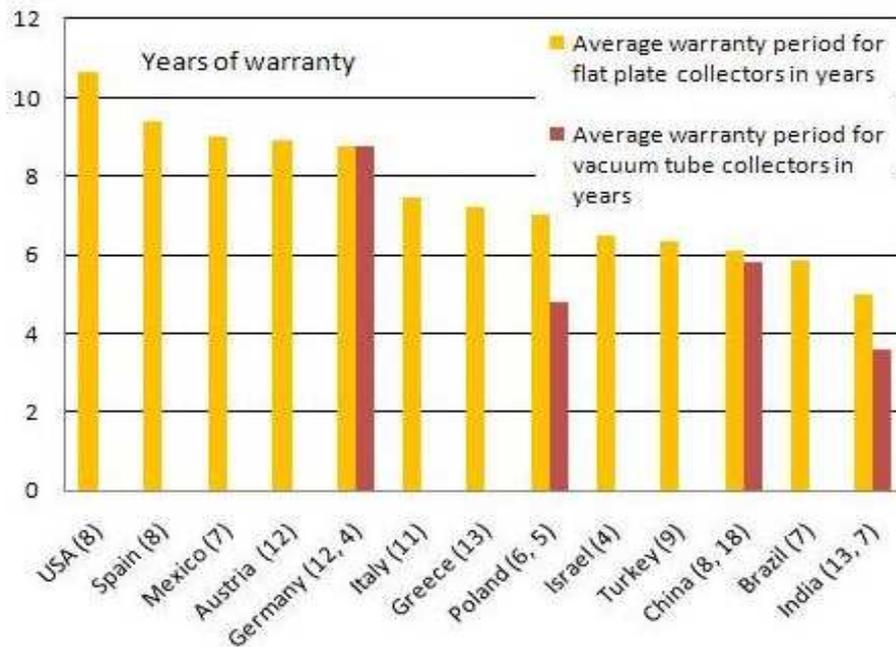
<sup>1</sup> Diccionario de la real lengua española (2010)

### 3.2.1 Colector

El colector solar es un dispositivo que transforma la radiación solar en energía interna de un fluido y debe de tener una larga vida útil. Esto quiere decir que sus componentes en conjunto funcionen con la mayor eficiencia el mayor tiempo posible. Un colector solar tiene en promedio una vida útil de 20 a 25 años<sup>2</sup> o más si ha sido correctamente diseñado y construido.

Un aspecto importante de calidad es la garantía que el proveedor del equipo da al usuario final y existe una marcada diferencia entre la garantía que se da para un colector plano o para uno de tubos evacuados, y más aún, existe gran diferencia entre los tiempos de garantía que se dan en un país de América, que en uno de Europa. Lo anterior es debido a que la calidad de manufactura de un colector hecho en china no es la misma que uno hecho en Alemania o uno manufacturado en México.

Figura 2: Años de garantía de colectores planos y de tubos evacuados por país



Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/1047>

---

<sup>2</sup> CANACINTRA-GTZ & HOPE (2002)

**Tabla 1: Vida útil y garantía proporcionada por empresas Mexicanas para colectores solares**

Empresa	Vida Útil mínima [años]	Garantía [años]
Módulo Solar	25	10
Funcosa	20	5
Solei	20	5
Kannadas Solar	20	10

Fuente: Investigación del consultor

Los colectores con sistema termosifón trabajan a baja temperatura, esto quiere decir que suministran calor útil a temperaturas menores de 80 [°C]<sup>3</sup>. Captan calor mediante absorbentes metálicos o no metálicos para aplicaciones como calentamiento de piscinas, calentamiento doméstico de agua para baño y para actividades que conlleven procesos industriales donde se utilice agua a no más de 80 [°C], como por ejemplo la pasteurización. Los colectores solares deberán de soportar una presión de agua de red igual a 1.5 veces la presión especificada por el fabricante,<sup>4</sup> siendo la presión de funcionamiento máxima para un sistema de baja presión<sup>5</sup> igual a 0.5 [ $\frac{Kg}{cm^2}$ ] y para un sistema de alta presión<sup>6</sup> como mínimo 0.6 [ $\frac{Kg}{cm^2}$ ] y como valor máximo 6 [ $\frac{Kg}{cm^2}$ ].

Los parámetros fundamentales que caracterizan su funcionamiento son los factores de ganancia y de pérdidas que conforman su rendimiento térmico. También deben considerarse otros factores importantes que caracterizan al colector solar:

- Resistencia a las condiciones exteriores (ambientes marinos, polvo, granizo, nieve, heladas, viento, rayos, radiación UV).
- Resistencia a temperaturas altas y bajas, así como cambios bruscos de temperatura.
- Adecuación para agua potable.
- Resistencia a la calcificación (agua dura) y a cambios de presión del agua.
- Estable y duradero.
- Facilidad de montaje y transporte.
- Fiabilidad, garantía y servicio posventa del fabricante.

Para el presente estudio se analizarán dos tipos de colectores que son los más aplicados en uso residencial:

<sup>3</sup> [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_630\\_termosolar?page=1](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630_termosolar?page=1)

<sup>4</sup> NMX-ES-001-NORMEX-2005

<sup>5</sup> Sistema que funciona gracias al efecto termosifón.

<sup>6</sup> Sistema que funciona gracias a una bomba o a un tinaco elevado.

- Colector solar plano.
- Colector solar de tubos evacuados.

### Colector solar plano

El colector solar plano es utilizado para aplicaciones domésticas e industriales y es llamado así debido a que presenta plana su superficie donde absorbe la radiación solar. En términos generales es de un montaje sencillo así como un funcionamiento y operación muy elemental. Los componentes con los que se fabrica son muy diversos, poseen rendimientos térmicos variables y son muy fáciles de conseguir. No obstante que no requiere grandes tecnologías para su instalación y orientación, admite adiciones de dispositivos tecnológicos como superficies reflectoras que aumenten su eficiencia. Este tipo de colector alcanza temperaturas que van de los 20 a los 80 [°C]<sup>7</sup>, dependiendo de múltiples factores que van desde una buena manufactura, e instalación, hasta una buena radiación solar.

Los colectores solares planos a su vez, se clasifican en dos grupos: colectores solares con cubierta (glazed solar collector) y los colectores solares sin cubierta (unglazed solar collector). La diferencia es que los primeros cuentan con una cubierta que puede ser de vidrio o de plástico, y tienen un uso mayormente residencial, mientras que los segundos no cuentan con cubierta y su uso es por lo general dirigido al calentamiento de piscinas. Actualmente en Estados Unidos los colectores solares de absorbente sin cubierta representan la mayor parte del área instalada.<sup>8</sup> Para el presente estudio, nos enfocaremos a analizar el colector solar con cubierta debido a que es más usado residencialmente.

En este tipo de colector la radiación que se transmite a través de la placa o ventana es de 80 a 85 por ciento, mientras que el absorbente negro capta la radiación con un porcentaje de eficiencia similar, por lo que la eficiencia global de captación de la radiación incidente es de 64 a 72 por ciento. Las pérdidas dentro del captador debidas a convección, conducción y reirradiación dan una eficiencia total de captación del orden de 50 a 65<sup>9</sup> por ciento, lo que se considera práctico para el calentamiento solar de agua en uso residencial.

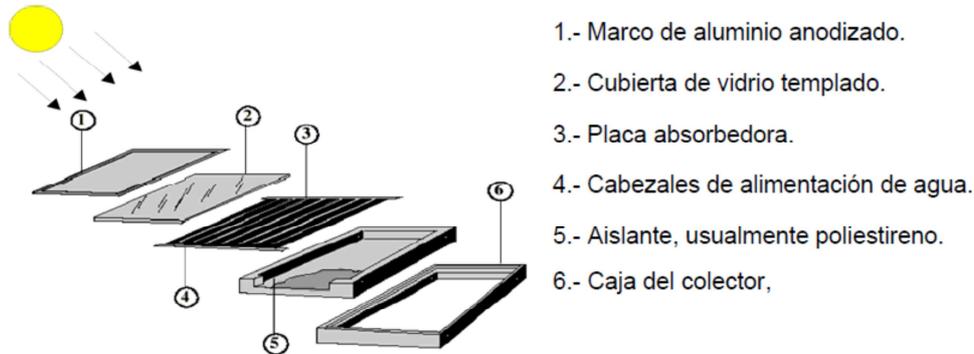
---

<sup>7</sup> <http://www.solarserver.de/wissen/sonnenkollektoren-e.html#vak>

<sup>8</sup> <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/Emain.html>

<sup>9</sup> Almanza & Muñoz (2003)

Figura 3: Componentes de un colector solar plano



Fuente: CANACINTRA-GTZ & HOPE (2002). Instalación de Sistemas Fototérmicos, México

### *Cubierta transparente*

Es la encargada de producir el efecto invernadero, reducir las pérdidas por convección y asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas. El efecto invernadero logrado por la cubierta consiste en que una parte de la radiación que ha atravesado la cubierta y llega a la placa captadora es reflejada hacia la cubierta transparente, con una longitud de onda para la cual ésta es opaca, con lo que se consigue retener la radiación en el interior. La cubierta transparente deberá de contar con los siguientes criterios:

- Alto coeficiente de transmisión de la radiación solar, en la banda 0.3 a 3 [nm] <sup>10</sup>, el cual debe conservarse a lo largo de los años.
- Bajo coeficiente de transmisión para las ondas largas, superiores a 3 [nm]. <sup>11</sup>
- Bajo coeficiente de conductividad térmica, que dificulte el paso de calor desde la superficie interior hacia la exterior, minimizando así las pérdidas. <sup>12</sup>
- Alto coeficiente de reflexión para la longitud de onda larga de la radiación emitida por la placa captadora, a fin de que ésta retorne a la placa. <sup>13</sup>
- Bajo coeficiente de reflexión para la longitud de onda corta de la radiación. <sup>14</sup>
- El coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) deberá de ser lo más grande posible, teniendo como valor estándar un 95% de absorción (0.95). <sup>15</sup>
- La emisividad ( $\epsilon$ ) deberá de ser pequeña, teniendo como parámetro de referencia un

<sup>10</sup> PROCOBRE (2009)

<sup>11</sup> Idem

<sup>12</sup> Idem

<sup>13</sup> Idem

<sup>14</sup> Idem

<sup>15</sup> <http://www.energie-solaire.com>

valor inferior al 7% (0.07).<sup>16</sup>

Debido a esto, la cara interior de la cubierta estará más caliente que la exterior, y por tanto se dilatará más, existiendo riesgo de rotura o deformación, por lo que la cubierta transparente ha de tener un coeficiente de dilatación pequeño. Se puede usar una doble cubierta o aumentar el espesor de la cubierta transparente para tratar de minimizar las pérdidas por convección, pero estas soluciones aumentan las pérdidas por absorción del flujo solar incidente, además de encarecer el panel. En general se puede decir que la doble cubierta es más interesante cuanto más baja sea la temperatura exterior y más fuerte sea el viento.

Los principales materiales utilizados son:

- Vidrio: Son transparentes a la radiación de onda inferior a 3 [nm] y opacos a las radiaciones superiores. Existen numerosas variedades de vidrio que se distinguen por su composición química, sus características mecánicas y ópticas, etc. Se debe elegir los vidrios recocidos o templados, ya que se mejoran sus propiedades mecánicas sin alterar a las ópticas. Los vidrios más usados para el funcionamiento óptimo de la cubierta transparente son los siguientes: Vidrio templado bajo en hierro, vidrio con tratamiento antirreflejos y vidrio texturizado. Los espesores mínimos para usar como cubierta van de los 3.2 [mm] a los 4 [mm] y la transmitividad del vidrio va del 87% al 92%.<sup>17</sup>
- Materiales plásticos: Se presentan bajo la forma de películas flexibles de algunas décimas de milímetros de espesor, o bajo forma de placa rígida de algunos milímetros. Sus características principales son: baja densidad, mala conductividad térmica, coeficiente de dilatación lineal importante y mala resistencia a temperaturas elevadas. Además, sufren deterioro físico e inestabilidad química bajo la acción de los elementos exteriores. Los plásticos transparentes no deberían deteriorarse apreciablemente durante su vida de servicio, resistiendo así la radiación ultravioleta, la contaminación ambiental, la humedad alta y la condensación, así como las altas temperaturas.<sup>18</sup>

### *Placa captadora o absorbente*

La función de la placa es absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador. Los materiales para fabricar la placa captadora varían en forma y eficiencia. El material más eficiente absorbe la mayor cantidad posible de luz solar, transfiere la energía luminosa mediante el grosor del material absorbente y luego la conduce al fluido caloportador en forma de calor.

---

<sup>16</sup> Idem

<sup>17</sup> Idem

<sup>18</sup> UNE-EN 12975-1:2006

**Tabla 2: Conductividad de materiales metálicos usados en la construcción de placas captadoras**

Material	Conductividad del material $\left[\frac{W}{m^{\circ}K}\right]$
Cobre	387
Aluminio	230
Acero galvanizado	48
Acero inoxidable	17
Fierro	62

Fuente: Paz J. (2006). Colectores Solares Planos

Existen diferentes modelos, de los cuales los más usuales son:

- Dos placas metálicas de cobre separadas por unos milímetros, entre las cuales circula el fluido caloportador.
- Placa metálica de cobre sobre la cual están soldados o embutidos los tubos por los que circula el fluido caloportador. En lugar de una placa metálica se puede dotar de unas aletas de cobre a los tubos de cobre.
- Dos láminas de metal de cobre unidas a gran presión excepto en los lugares que forman el circuito del fluido caloportador, los cuales han sido abombados mediante insuflación de aire.

La cara de la placa captadora que se expone al sol debe de estar protegida de los rayos solares por medio de:

- Pintura de color negro u oscuro que absorbe la radiación solar. Presenta el inconveniente de tener un coeficiente de emisión sensiblemente igual al de absorción, por lo que no es recomendable para altas temperaturas.
- Superficies selectivas. Posee un coeficiente de absorción de radiación solar alto y un bajo coeficiente de emisión. No existen materiales simples que tengan esta propiedad, por lo que ésta se consigue por medio de superposición de capas o tratamientos especiales de la superficie.

Es importante que la placa captadora cuente con los siguientes criterios:

- Tratamientos de la superficie: Las pinturas son más económicas que los tratamientos selectivos pero se estropean antes.
- Perdidas de carga: Si la instalación va a funcionar por medio de termosifón, éstas no deben ser superiores a 3 [mm] de columna de agua por 1 [m<sup>2</sup>] de colector para que la circulación sea la adecuada y no se produzcan grandes saltos térmicos.
- Corrosión interna: No se debe mezclar el cobre y el acero, para evitar la corrosión de este último.

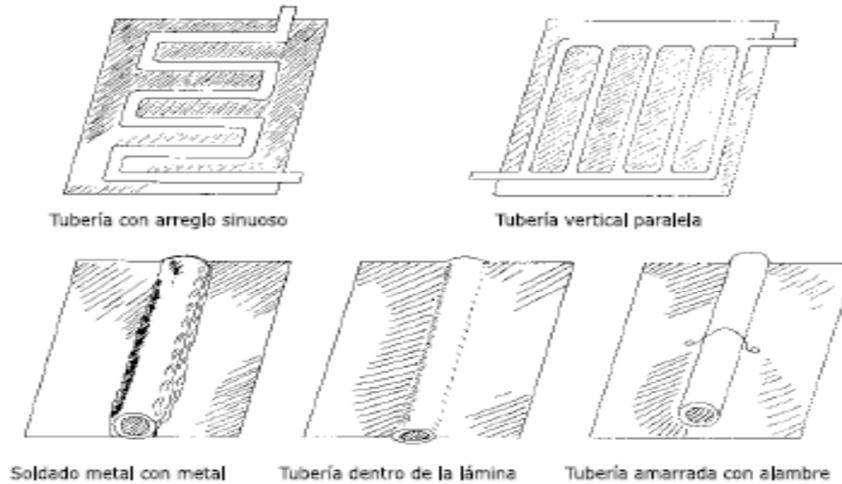
- Homogeneidad de la circulación: Con el fin de que el fluido caloportador que circula por la placa tenga un reparto de temperaturas equilibrado. Esto es vital para los paneles con doble placa en los que el diseño del circuito del fluido es de suma importancia para el rendimiento del panel.
- Transmisión de calor: En los paneles con doble placa, la transmisión de calor es directa, no ocurriendo lo mismo para los que poseen los tubos soldados o embutidos. En este último caso la transferencia de calor va a depender de: la conductividad de la placa; la separación, diámetro y espesor de los tubos; el rendimiento y régimen del líquido; y de la buena ejecución de las soldaduras o de los acoplamientos a presión.
- Entradas y salidas del fluido en la placa: Procurar que las pérdidas de cargas en estos lugares sean bajas y que las soldaduras no estén forzadas para impedir posibles fugas.
- Puentes térmicos: Calorifugar bien las entradas y salidas para evitar pérdidas importantes debido a la creación de puentes térmicos entre la placa y los elementos no aislados.
- Resistencia a la presión: Debe ser capaz de soportar la presión de la red. En caso de que los paneles se instalen con un circuito primario aislado de la red, se debe prever la subida de presión debido a la conexión de la placa a la red, la pérdida de carga y el necesario llenado del circuito primario desde la red.
- La obstrucción del circuito primario: Debido a incrustaciones o por tapones de hielo, por lo que hay que dotar a la instalación de los elementos necesarios que eviten la producción de sobrepresiones.

El agua se puede hacer pasar, sobre, dentro o mover alrededor de la placa captadora. En la mayoría de colectores planos el agua está bajo presión y dentro de tubos que están soldados, pegados o ligados con alambre a la pieza plana de metal.

Existen diferentes tipos de configuraciones para el sistema de tubos de un CSA . Un elaborado sinuoso en la tubería es más barato y fácil de conseguir que tubería en paralelo pero no tiene características de flujo tan buenas como este último. Un arreglo en serpentina causará fricción dentro del tubo y por consecuencia la presión del agua se verá reducida. En lo que respecta a la temperatura del agua, habrá una mayor transferencia de calor si se hace pasar una sola vez el agua por el absorbente sinuoso que si se hace pasar por un sistema en paralelo. Otro problema en cuanto al absorbente de serpentina es que a veces alcanza tan altas temperaturas que se forman depósitos de impurezas en la parte inferior del tubo y eso a su vez, disminuye la velocidad del agua.

Ya que el sistema trabaja bajo el principio de termosifón, hay que tener en cuenta que la acción termosifónica es una fuerza débil y que si el diámetro del tubo es muy pequeño, o es muy largo, el agua no circula apropiadamente, ocasionando que la que se encuentre en el tanque de almacenamiento se caliente muy lentamente y que el absorbente lo haga muy rápido. El arreglo en serpentina debe ser tan corto en longitud y tan grande en diámetro de tal manera que no restrinja el flujo, haciendo ineficiente el sistema. Cuando usamos un sistema con circulación termosifónica, con un tubo de  $\frac{1}{2}$  pulgada éste no debe ser más largo de 20[m] y con un tubo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada no debe ser más largo de 30[m]. Con tubos en paralelo se origina menos sobrecalentamiento y menos caída de presión cuando el absorbente opera con una acción termosifónica. El único factor en contra es que este arreglo es más caro y más trabajoso por tener que doblar un tubo para formar un serpentín.

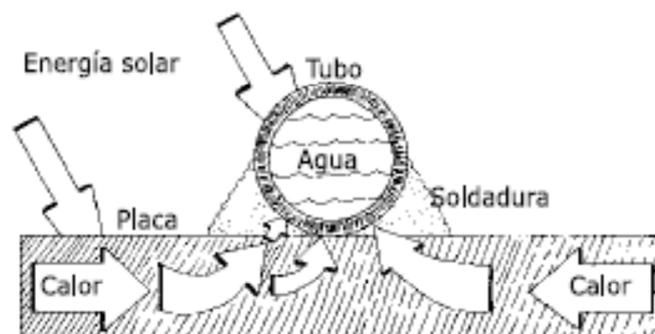
**Figura 4: Geometría de tubos en la placa captadora**



Fuente: Paz J. (2006). Colectores Solares Planos

En tubos con diseño paralelo, el líquido viajará una distancia más corta para completar su paso por el sistema; el agua caliente sale por el cabezal superior. Estos cabezales deben tener un diámetro más grande que los tubos en contacto con el material absorbente. El grosor de la pared del tubo es importante. Entre más gruesa sea, más tiempo le llevará al calor transferirse por el material al agua. Los tubos galvanizados, los de plástico para agua caliente y de cobre son aceptables. Muchos absorbentes utilizan de cobre soldado a placas absorbentes de fierro o cobre. Otro criterio importante, es la forma en la que los tubos son pegados a la placa captadora. Este pegamento es muy importante ya que uno malo no transferirá el calor al material del tubo. Los pegamentos por soldadura son mejores que los unidos con gomas o alambres. Cuando el tubo se suelda a la placa captadora, el agua que va por los mismos absorberá mucho más calor que si el conductor estuviera solo, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 5: Unión del tubo a la placa captadora**



Fuente: Paz J. (2006). Colectores Solares Planos

### *Aislamiento térmico*

La placa captadora está protegida en su parte posterior y lateral por medio de un aislamiento térmico para evitar las pérdidas de calor térmico hacia el exterior. Las características de estos aislantes deben de seguir los siguientes aspectos:

- Resistir altas temperaturas sin deteriorarse, lo que muchas veces se consigue colocando entre la placa y el aislante una capa reflectante, que impida que el aislante reciba directamente la radiación.
- Desprender pocos vapores al descomponerse por el calor y en caso de ocurrir que no se adhieran a la cubierta.
- No degradarse por el envejecimiento u otro fenómeno a la temperatura habitual de trabajo.
- Soportar la humedad que se pueda producir en el interior de los paneles sin perder sus cualidades.

Los materiales más usados son la fibra de vidrio, la espuma rígida de poliuretano y el poliestireno expandido. Cualquiera que sea el material escogido debe tener un coeficiente de dilatación compatible con el de los demás componentes del panel solar.

### *Carcasa*

Su función es la de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio, por medio de los soportes. Debe cumplir los siguientes aspectos:

- Rigidez y resistencia estructural que asegure la estabilidad. Es de suma importancia ya que debe resistir la presión del viento.
- Resistencia de los elementos de fijación: mecánica para los esfuerzos a transmitir; y química para soportar la corrosión.
- Resistencia a la intemperie. A los efectos corrosivos de la atmósfera y a la inestabilidad química debido a las inclemencias del tiempo.
- Aireación del interior del colector para evitar la condensación del agua. Se realiza por medio de dos técnicas:
  - Vacío en el interior del colector cuando éste está frío, para que la carcasa no esté sometida a una presión muy alta cuando el aire en su interior se caliente.
  - Practicar unos orificios en la carcasa para permitir la aireación del colector, así como la evacuación de la condensación. Los orificios se localizan en la parte posterior para evitar la entrada del agua de lluvia y la pérdida de aire caliente del interior del colector.
- Evitar toda geometría que permita la acumulación de agua hielo o nieve en el exterior del colector.

Facilitar el desmontaje de la cubierta para poder tener fácil acceso a la placa captadora. Los colectores pueden ser afectados por incendios debido a las altas temperaturas de operación o por un calor radiante. Por lo anterior, es aconsejable no usar materiales combustibles. La carcasa del colector debe de ser estanca al agua para prevenir estancamiento de agua de lluvia, además de estar construida de tal forma que el agua condensada no se acumule en el

colector porque puede alterar su capacidad funcional y durabilidad. Por tal motivo debe de estar diseñado para permitir ventilación de aire a través de la carcasa. La carcasa del colector solar deberá de contar con un marco por la parte superior, dicho marco deberá estar construido con lámina galvanizada sujeta ya sea con tornillos o remaches de acero inoxidable. El material aislante de la carcasa del colector será de fibra de vidrio, usándose silicón como aislante entre el marco de lámina galvanizada y la superficie transparente. Por su parte trasera, el colector solar tendrá una lámina galvanizada, pues es un material resistente a inclemencias del tiempo.

La carcasa deberá de contar con elementos que proporcionen protección contra la corrosión natural de los materiales, siendo así pertinente el uso de acero al carbón galvanizado (en caso de ser metálico), u otro tipo de material galvanizado. También la pintura anticorrosiva es un buen elemento para proteger la carcasa, sea metálica o sea plástica.]

### Colector solar de tubos evacuados

Se les conoce como colectores de tubos evacuados debido a que se ha producido un vacío entre el tubo absorbente y la cubierta transparente con el objeto de disminuir las pérdidas de calor. Es un tubo de vidrio de doble pared que se encuentra al vacío como aislador en contra de la meteorización provocada por la exposición al ambiente. Posee una capa absorbente en sus superficies interiores. La radiación solar atraviesa el vidrio exterior y cae sobre la capa, calentando el aire que contiene el recipiente. A su vez, el aire caliente eleva la temperatura del líquido que está en el tubo. El extremo del recipiente del vacío desemboca en un receptor aislado que contiene el múltiple colector.

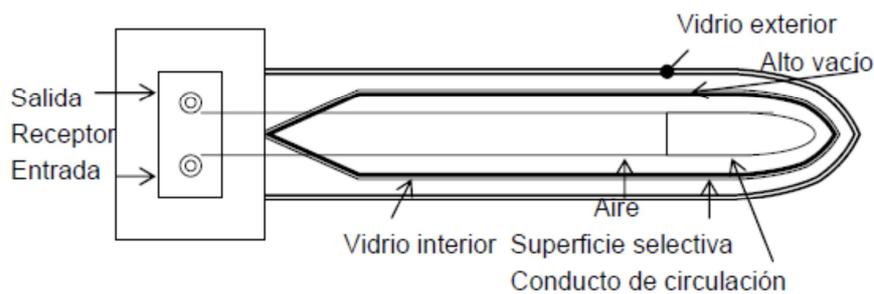
**Tabla 3: Características de un típico tubo de vacío**

<b>Características del tubo de vacío</b>	
<b>Longitud [mm]</b>	1700
<b>Diámetro del tubo [mm]</b>	70
<b>Espesor del vidrio [mm]</b>	2
<b>Tipo de vidrio</b>	Borosilicato
<b>Recubrimiento</b>	Selectivo
<b>Absorbente</b>	Cobre
<b>Tamaño de condensador [mm]</b>	14 x 75
<b>Coefficiente de absorción [%]</b>	>92
<b>Coefficiente de emisión [%]</b>	<10

<b>Vacío [Pa]</b>	$<5 \times 10^{-2}$
<b>Resistencia al viento [<math>\frac{m}{s}</math>]</b>	30
<b>Resistencia a la congelación [°C]</b>	-35
<b>Temperatura de estancamiento [°C]</b>	>220
<b>Peso neto [Kg]</b>	2.21

Fuente: <http://www.belenos.es/ficheros/DOSSIER-TV20.pdf>

**Figura 6: Componentes de un tubo evacuado**



Fuente: CANACINTRA-GTZ & HOPE (2002). Instalación de Sistemas Fototérmicos, México

Este tipo de colectores pueden alcanzar temperaturas que van de los 50 hasta los 120 [°C]<sup>19</sup>, dependiendo desde la manufactura del producto hasta la instalación del mismo

#### *Colector de tubos evacuados con tecnología Heat Pipe (HP)*

Estos calentadores solares consisten en un bulbo de calor, de metal (de cobre), al cual se une con un tubo de cobre rodeado de una placa dentro de un tubo sellado al vacío.

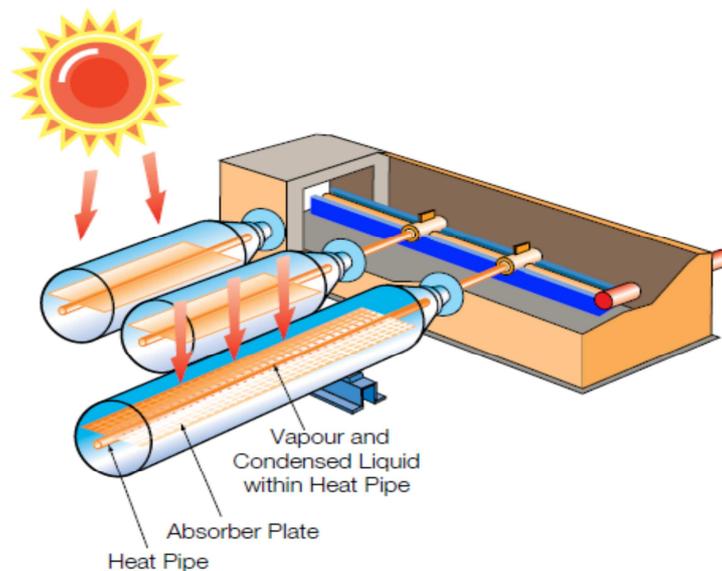
El HP es hueco y en su interior se encuentra un líquido no tóxico, se evacua el espacio interior del tubo y del bulbo caliente del colector solar. La razón de evacuar el HP y su tubo anexo no es solamente el aislamiento, sino promover un cambio del estado del líquido que contiene. Dentro del HP está una cantidad pequeña de un líquido no tóxico, tal como alcohol o agua purificada más algunos ingredientes adicionales especiales. El vacío permite al líquido hervir, es decir, vuelve el líquido en vapor con una temperatura mucho más baja que en la presión atmosférica normal.

<sup>19</sup> <http://www.solarserver.de/wissen/sonnenkollektoren-e.html#vak>

Cuando bajó la radiación solar la superficie de tubo evacuado de cobre se calienta, el líquido dentro del tubo del calor hierve, se evapora y sube rápidamente al bulbo del dispositivo, de ahí su nombre de HP. Entonces, el agua o glicol que fluye por el cabezal recoge el calor del bulbo y condensa el líquido dentro del bulbo y el ciclo se inicia nuevamente. Es importante destacar que el tubo al vacío al recibir el calor de la radiación solar actúa como evaporador del líquido interior del tubo, y el bulbo superior al contacto con el líquido que fluye por el cabezal actúa como condensador del vapor dentro del mismo, transfiriéndole el calor al fluido dentro del cabezal, y el proceso se repite.

Una ventaja de los colectores solares HP es que la transferencia de calor del bulbo caliente hacia el fluido dentro del cabezal es "seca", y se hace por el contacto entre el bulbo y el cabezal, lo cual hace la instalación mucho más fácil, pues los tubos individuales pueden ser intercambiados sin vaciar el sistema entero de su líquido, tanto para su instalación como para su mantenimiento. Igual beneficio se tiene si se rompiera y se tuviera que cambiar un tubo evacuado, pues el calentador solar puede seguir funcionando con uno o varios tubos estuvieran faltantes.

Figura 7: Tubo heat pipe



Fuente: RETScreen International (2004), Solar Water Heating Project Analysis. Canadá

Los colectores de tubo de vacío con tecnología HP tienen la ventaja de no sufrir pérdidas por la noche ya que el proceso de transferencia de calor no es reversible (es decir, el fluido caliente o el calor no puede pasar del acumulador al tubo y por lo tanto perderse). Además cada tubo es independiente pudiéndose cambiar en pleno funcionamiento del sistema. También pueden venir contruidos con un sistema de protección contra sobrecalentamiento cuando se ha alcanzado una temperatura programada, un resorte de memoria de metal amplía y empuja un contacto contra el cuello del HP. Esto bloquea el retorno del líquido condensado y frena el intercambio térmico.

Para optimizar el rendimiento de los colectores HP, estos deben estar montados con un ángulo mínimo de inclinación alrededor de 25° para permitir el funcionamiento del líquido interno del

tubo, y el HP ejecute su ciclo en forma más eficiente. Este tipo de colectores solares consiguen mucho más calor que los colectores planos. Las altas temperaturas que producen, que pueden exceder el punto que hierve del agua, pueden causar problemas significativos en un sistema de calentamiento de agua solar doméstica o un sistema de calentamiento solar de espacio. Es por lo tanto crucial cerciorarse de que hay siempre una carga adecuada en el sistema para guardar las temperaturas debajo de 100 [°C].

Dado que también pueden girar sobre su eje los tubos, existe la posibilidad de que adopten posiciones verticales y horizontales al igual que ocurre en los sistemas de flujo directo aunque en este caso habrá que respetar una inclinación mínima del largo del tubo para permitir que el fluido una vez licuado pueda descender por gravedad.

#### *Colector de tubos evacuados con tecnología U Pipe (UP)*

El concepto UP es una evolución del tubo de flujo directo que trata de eliminar el problema del sobrecalentamiento, presente en los climas más calurosos.

El sistema UP consta de dos tubos concéntricos de vidrio de borosilicato, existiendo entre estos tubos una presión inferior a 0.001 [atm]. Cuando se fabrican los tubos de vacío, se extrae el aire que queda dentro del espacio que separa los dos tubos y se hace el vacío, con lo cual se minimizan las pérdidas de calor por conducción y convección. La radiación solar atraviesa el tubo exterior de vidrio, incide en el tubo de absorción y se transforma en calor. La tecnología UP consiste en un tubo de cobre en forma de U, que forma parte del colector, de tal manera que se fuerza la circulación del fluido caloportador por este tubo situado en el interior del vidrio y en contacto directo con la capa especial de absorción a través de una lámina de aluminio, de forma que su calentamiento sea inmediato, tras la recepción de los primeros rayos solares. Estos colectores permiten calentar el fluido circulante hasta temperaturas elevadas, hecho que posibilita la utilización de sistemas de distribución de calor convencionales en aplicaciones de calefacción con agua. El colector de tubos de vacío UP se mantiene más constante ante variaciones en la temperatura ambiente o en la radiación solar incidente.

**Tabla 4: Características del tubo U Pipe**

Datos técnicos	
Tipo	Tubo de doble capa concéntrico, con vacío intermedio y con recubrimiento selectivo
Material	Vidrio de borosilicato 3.3
Transmisión al interior del tubo	≥ 91%
Diámetro exterior [mm]	47
Longitud exterior [mm]	1500
Espesor exterior [mm]	1.6
Diámetro interior [mm]	37

<b>Tubos</b>	Espesor interior [mm]	1.5
	Dilatación térmica [K]	$3.3 \times 10^{-6}$
	Resistencia al granizo	Hasta 25 [mm] de diámetro
	Resistencia a heladas [°C]	-30
	Resistencia al viento [ $\frac{m}{s}$ ]	30
	Aislante	Vacío ( $P \leq 5 \times 10^{-3}$ [Pa])
	Pérdidas	$0.6 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$ (80[°C])
	Aislantes	Silicona estabilizada a los rayos UV y resistente a altas temperaturas
<b>Absorbente en los tubos</b>	Material del absorbente	Triple capa selectiva ALN/ALN-SS/Cu, sobre vidrio de borosilicato 3.3
	Coefficiente de absorción ( $\alpha$ )	94 ~ 96 % (AM 1.5)
	Coefficiente de emisión ( $\epsilon$ )	4 ~ 6 % (80[°C])
	Coefficiente de pérdidas	$0.6 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$
<b>Peso</b>	Neto	1.5 [kg]

Fuente: <http://www.solarinnova.net/content/blogcategory/342/543/lang/es/>

### 3.2.2 Termotanque

El termotanque es el elemento del sistema que permite almacenar energía térmica con las mínimas pérdidas energéticas posibles. En la actualidad los termotanques más frecuentes suelen ser depósitos aislados térmicamente que pueden incorporar o no, un intercambiador de calor.

Los aspectos más importantes de un termotanque son su resistencia mecánica, su durabilidad y la calidad del aislamiento. Mientras menor es el coeficiente de pérdidas (que dependerá de la naturaleza y del espesor del aislamiento) mejor calidad tendrá el termotanque.

Los termotanques se clasifican según tres criterios fundamentales que son:

- Posición: Que puede ser vertical u horizontal.
- Con intercambiador o sin intercambiador de calor incorporado. Si tiene intercambiador de calor, con serpentín o con doble envolvente.
- Por el material empleado.

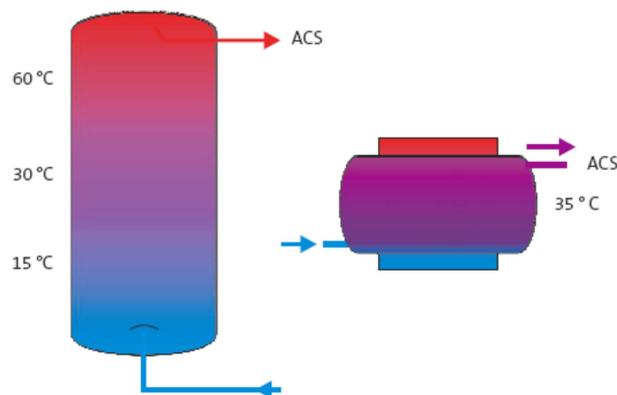
Un buen diseño de un termotanque debe permitir que se produzca estratificación, es decir que la temperatura del agua se distribuya verticalmente. Con esto se mejora el funcionamiento de la instalación.

La principal ventaja de la estratificación de temperatura es que mejora el rendimiento de la instalación ya que el agua más caliente se sitúa en la parte más alta del termotanque y es la que va al servicio mientras que el agua que retorna al colector es la más fría con lo cual el colector es más eficiente.

Los termotanques deben de cumplir los siguientes criterios de calidad:

- Los termotanques funcionaran mejor si se encuentran en posición vertical. El agua se estratificará mucho mejor en esta posición.
- Los termotanques no operarán si están al mismo nivel o por debajo del colector. En este caso habrá una circulación al revés en la noche, enfriando el agua. Ésta se irá a la parte más baja del sistema. Se recomienda que el termotanque se encuentre 30 [cm] por arriba del colector.

**Figura 8: Estratificación de las temperaturas en un termotanque**



Fuente: CIEDIC (2009). Curso para instaladores-Solar. España

- Deben tener difusores en la entrada del agua fría de alimentación, para reducir su velocidad y afectar al mínimo la estratificación de temperaturas. Dichos difusores deben estar en la parte inferior del termotanque.
- La tubería de salida de agua caliente solar debe estar en la parte superior de los termotanques.
- La salida de agua fría a colectores solares debe estar en la parte baja del termotanque, dejando solo un pequeño espacio para la acumulación de lodos.
- En la parte más baja del termotanque debe de instalarse una válvula que permita drenar periódicamente los lodos.
- El regreso de agua caliente proveniente de los colectores solares debe ingresar al termotanque en un punto localizado entre el 50 % y 75 % de la altura del termotanque, o

bien incorporar difusores interiores que eviten la pérdida de la estratificación de temperatura.

- Los termotanques solares deben aislarse térmicamente para no perder más del 10% de la energía captada por el conjunto de colectores solares. Se debe seleccionar el aislante térmico conforme a los conceptos de diámetro crítico de aislante. Cuando se instalen en el exterior deben tener una barrera que impida la degradación del aislamiento así como la penetración de humedad.
- La relación entre el volumen del termotanque y el área de colectores solares depende de la temperatura deseada, se recomienda que esta relación esté en el rango de entre  $50 \left[ \frac{l}{m^2} \right]$  y  $180 \left[ \frac{l}{m^2} \right]$ . En el límite inferior se obtiene una temperatura mayor pero una menor eficiencia térmica; en cambio, en el límite superior se obtiene menor temperatura pero mayor eficiencia. En casos de calentamiento mayor a los 70 [°C] podrá modificarse la relación volumen / área.
- En caso de que los termotanques sean de acero al carbón, estos deben estar protegidos internamente contra la corrosión con pintura epóxica o un acabado vidriado y protegido también con ánodo de sacrificio, u otra opción equivalente.
- Cuando se requieran varios termotanques se deben conectar en serie invertida con el circuito de consumo, con el objeto de lograr una estratificación adecuada de temperaturas.

### 3.2.3 Intercambiador de calor

El intercambiador deberá de resistir la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión. No es recomendable utilizar termotanques con envoltorio que dificulten la convección natural en el interior del termotanque.

**Figura 9: Colector de tubos evacuados con intercambiador de calor**



Fuente: [http://www.bolesolar.com/up\\_files/bl-sn-1.jpg](http://www.bolesolar.com/up_files/bl-sn-1.jpg)

Los criterios para el intercambiador de calor son los siguientes:

- Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.
- Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.
- El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.
- El fabricante del intercambiador de calor deberá de garantizar un factor de ensuciamiento menor al permitido.
- Los tubos de los intercambiadores de calor de tipo serpentín sumergido en el depósito tendrán diámetros mínimos de 1 [in] para instalaciones de tipo termosifón.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de colectores y el sistema de suministro al consumo, no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor, en función de la aplicación, con las condiciones expresadas en la tabla siguiente:

**Tabla 5: Temperaturas para agua caliente sanitaria**

Aplicación	Temperatura entrada primario (°C)	Temperatura salida secundario (°C)	Temperatura entrada secundario (°C)
Agua caliente sanitaria	60	50	45

Fuente: IDAE (2009). Instalaciones de Energía Solar Térmica

Es de suma importancia que el factor de ensuciamiento (resistencia teórica al flujo de calor debido a la acumulación de una capa de suciedad o cualquier otra sustancia) del intercambiador de calor no sea inferior al especificado en la siguiente tabla para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo:

**Tabla 6: Factor de ensuciamiento**

Circuitos de consumo	$\frac{m^2}{KW}$
Agua blanda y limpia	0.0006
Agua dura	0.0012
Agua muy dura y/o sucia	0.0018
Circuitos cerrados	0.0008

Fuente: IDAE (2009). Instalaciones de Energía Solar Térmica

### 3.2.4 Tuberías

Las tuberías son una parte importante en el sistema de calentamiento solar, ya que son las encargadas de transportar el fluido de un lugar a otro ya sea frío o caliente. En sistemas directos se utilizará cobre o acero inoxidable en el circuito primario, pudiéndose utilizar también tuberías de material plástico acreditado apto para esta aplicación. En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el acero negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y una protección exterior con pintura anticorrosiva. Se puede utilizar también material plástico acreditado apto para esta aplicación en el circuito primario. Por su parte, en el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad. No es recomendable utilizar tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria. Cuando se

utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido debe ser inferior a  $1.5 \left[\frac{m}{s}\right]$ <sup>20</sup> y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se recomienda el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica. Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido debe de ser inferior a  $3 \left[\frac{m}{s}\right]$ <sup>21</sup> en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9. Algo muy importantes es que el diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a  $2 \left[\frac{m}{s}\right]$ <sup>22</sup> cuando la tubería transcurra por locales habitados y a  $3 \left[\frac{m}{s}\right]$ <sup>23</sup> cuando el trazado sea al exterior o por zonas no habitadas.

Debe tenerse cuidado de que el dimensionado de las tuberías se realice de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a  $40 \text{ [mm]}$ <sup>24</sup> de columna de agua por metro lineal.

**Tabla 7: Tuberías aceptadas para CSA**

Material/Tubería	Siglas	Características
<b>Acero galvanizado</b>	-----	El acero galvanizado se obtiene luego de un proceso de recubrimiento de varias capas de la aleación de hierro y zinc. El recubrimiento galvanizado le otorga al acero una excelente protección, entregándole propiedades fabulosas entre las que se encuentra su gran resistencia a la abrasión, así como también a la corrosión.
<b>Cobre</b>	-----	La tubería de cobre no se corroe ni con el agua ni con la atmósfera, es totalmente moldeable y por lo tanto muy flexible. Posee propiedades antibacterianas que evita transmisión de enfermedades. Su corrosión es casi nula ya que es resistente a cualquier tipo de químicos que pueda contener el agua.
<b>Acero inoxidable</b>	-----	El acero inoxidable es resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro.
<b>Policloruro de vinilo no plastificado</b>	PVC	Tiene una elevada resistencia a la abrasión, junto con una baja densidad, buena resistencia mecánica y al impacto. Es estable e inerte. Tiene un bajo costo de instalación y prácticamente costo nulo de mantenimiento en su vida útil.

<sup>20</sup> Cámara Chilena de la Construcción (2007)

<sup>21</sup> Idem

<sup>22</sup> Idem

<sup>23</sup> Idem

<sup>24</sup> Idem

<b>Policloruro de vinilo clorado</b>	PVC-C	Tiene una resistencia a la tracción y un módulo, mejor que el PVC rígido, conservando sus buenas propiedades, con la ventaja de soportar temperaturas superiores. Se utiliza normalmente en tubos y racores para la distribución de agua caliente, y de líquidos en la industria.
<b>Poliétileno</b>	PE	El polietileno posee una buena resistencia química, falta de olor, no toxicidad, poca permeabilidad para el vapor de agua, excelentes propiedades eléctricas y ligereza de peso. Se emplea en tuberías, fibras, películas, aislamiento eléctrico, revestimientos, etc.
<b>Polibutileno</b>	PB	Su principal uso ha sido en la fabricación de tuberías para sistemas de agua caliente y fría a presión. Las propiedades más destacadas que distinguen el funcionamiento de la tubería de polibutileno de otros materiales son su flexibilidad combinada con una resistencia superior a la tensión sobre largos periodos de tiempo a altas temperaturas. No es corrosivo, resiste los daños de las heladas, es inerte a la dureza/blandez del agua y exhibe una expansión térmica baja y silenciosa
<b>Polipropileno</b>	PP	El polipropileno es un material inerte que posee ciertas características que permiten su reciclaje sin un mayor impacto ambiental. Se trata de un termoplástico semicristalino que se origina a partir de la polimeración de propileno frente a un catalizador estereoespecífico. Este material es utilizado para un sinnúmero de productos termoplásticos, los que a su vez, cuentan con las más diversas aplicaciones. El polipropileno presenta una baja densidad, alta dureza y resistente a la abrasión, alta rigidez, buena resistencia al calor, excelente resistencia química y excelente versatilidad.
<b>Multicapa de polímero / aluminio / polietileno resistente a temperatura</b>	PE-RT	Posee una muy buena resistencia al impacto, además de resistencia térmica y química. Es más rígido que el polietileno normal y es muy ligero. Su mayor característica es que es resistente a temperaturas del agua por arriba de los 100 [°C].
<b>Multicapa de polímero / aluminio / polietileno reticulado</b>	PE-X	Las tuberías elaboradas con PE-X se utilizan para alimentar las instalaciones sanitarias en los sistemas hidrocableados. Se identifican de forma fácil ya que son opacas, de color rojo si transportan agua caliente y azul, si es fría. En general, las aplicaciones de los tubos de PE-X son las mismas que las del cobre recocido. Sin embargo, las primeras se manipulan con mayor facilidad puesto que son más flexibles y resisten mejor las altas temperaturas y la presión. Son tuberías recomendables para trabajos de renovación. No obstante, siempre que sea posible, los tubos de polietileno reticulado deben quedar ocultos, ya que son sensibles a los rayos

		ultravioletas y a largo plazo llegan a deteriorarse.
--	--	--

Fuente: CEPYME (2006). Guía para las instalaciones interiores de suministro de agua

### 3.2.5 Vasos de expansión

Los vasos de expansión permiten la absorción del aumento del volumen que es consecuencia del calentamiento del fluido caloportador, evitando el incremento de la presión. Internamente está dividido mediante una membrana elástica, en dos partes, gas y líquido. La parte del gas está situado en la parte superior y cuenta con una válvula de regulación de presión. En la parte inferior se encuentra el líquido caloportador. La presión adecuada en la parte del gas estabiliza la presión en toda la instalación solar. A medida que se va expansionando el fluido, éste penetra en el vaso, comprimiendo el colchón de aire y aumentando su presión hasta el valor determinado en el cálculo, de acuerdo con el volumen del vaso seleccionado, en función de la capacidad del circuito primario, temperatura y presiones determinadas. Las temperaturas máximas de trabajo de los vasos de expansión comerciales para uso en sistemas de calentamiento solar van de los 90 [°C] hasta los 120 [°C],<sup>25</sup> mientras que la presión máxima de trabajo va de 3 a 10 [bar].<sup>26</sup> El valor mínimo de la presión de trabajo es de 0.5 [bar].<sup>27</sup>

Existen dos tipos de vasos de expansión, abiertos y cerrados, cuyos criterios se mencionan a continuación:

#### Vasos de expansión abiertos

- Se construirán soldados o remachados, en todas sus juntas, y reforzados para evitar deformaciones, cuando su volumen lo exija.
- El material y tratamiento del vaso de expansión será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo.
- El volumen útil del vaso de expansión abierto se determinará de forma que sea capaz de absorber la expansión completa del fluido de trabajo entre las temperaturas extremas de funcionamiento.
- El nivel mínimo libre de agua de los vasos de expansión abiertos se situará a una altura mínima de 2.5 [m]<sup>28</sup> sobre el punto más alto de la instalación.
- Los vasos de expansión abiertos tendrán una salida de rebosamiento.
- Cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación automática, mediante sistemas tipo flotador o similar.
- La salida de rebosamiento se situará de forma que el incremento del volumen de agua antes del rebose sea igual o mayor que un tercio del volumen del depósito. Al mismo

---

<sup>25</sup> IDAE (2009)

<sup>26</sup> Idem

<sup>27</sup> Idem

<sup>28</sup> Idem

tiempo, permitirá que, con agua fría, el nivel sea tal que al incrementar la temperatura de agua en el sistema a la temperatura máxima de trabajo, no se produzca derrame de la misma.

- En ningún caso la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero será inferior a 3 [cm].<sup>29</sup>
- El diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado. En todo caso, el dimensionado del diámetro del rebosadero asegurará que, con válvulas de flotador totalmente abiertas y una presión de red de 3 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ] no se produzca derramamiento de agua.
- La capacidad de aforo de la válvula de flotación, cuando se utilice como sistema de llenado, no será inferior a 5 [ $\frac{l}{min}$ ]. En todo caso, el diámetro de la tubería de llenado no será inferior a 0.5 [in] ó 15 [mm].<sup>30</sup>
- El flotador del sistema de llenado resistirá, sin deterioro, la temperatura máxima de trabajo durante al menos 48 horas.

#### Vasos de expansión cerrados

- La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.
- Para seleccionar un vaso de expansión cerrado es importante contar con los siguientes datos: Volumen total de agua en la instalación, temperatura mínima de funcionamiento a la que corresponde la máxima densidad, temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación, presiones mínima y máxima de servicio y volumen de expansión. Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal, que son los datos que definen sus características de funcionamiento.
- La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del colector.
- El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4.3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.
- Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1.5 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ] y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.
- Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión

---

<sup>29</sup> Idem

<sup>30</sup> Idem

deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de colectores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre colectores, más un 10 %.

### 3.2.6 Sistema de respaldo

El uso de un sistema de respaldo es con la finalidad de asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar instalado en serie, después del sistema de calentamiento solar.

No es recomendable el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de colectores. El diseño del sistema de respaldo se realizará en función de la aplicación de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

- Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
- En caso de hacer uso de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del termotanque, es recomendable que su conexión se realice mediante un pulsador manual y la desconexión se haga automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se debe de instalar un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario final. La documentación a entregar al usuario final deberá contener instrucciones claras de operación del sistema auxiliar.

Para CSA, el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes. Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, se recomienda que la potencia correspondiente sea inferior a 300 [W]<sup>31</sup> por cada metro cuadrado de superficie captadora. Para instalaciones de tamaño inferior a 5 [m<sup>2</sup>], la potencia podrá ser de 1500 [W].<sup>32</sup> En el caso de resistencias sumergidas, los valores de potencia disminuirán hasta 150 [W]<sup>33</sup> por metro cuadrado y hasta 750 [W]<sup>34</sup> para instalaciones de tamaño inferior a 5 [m<sup>2</sup>].

---

<sup>31</sup> Idem

<sup>32</sup> Idem

<sup>33</sup> Idem

<sup>34</sup> Idem

### 3.2.7 Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

**Tabla 8: Características de válvulas usadas en CSA**

Tipo de válvula	Uso	Materiales
<b>De esfera</b>	Aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de fundición de hierro o acero.</li> <li>• Esfera y eje de acero durocromado o acero inoxidable.</li> <li>• Asientos, estopada y juntas de teflón.</li> <li>• Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón durocromado.</li> </ul>
<b>De asiento</b>	Equilibrado de circuitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.</li> <li>• Tapa del mismo material que el cuerpo.</li> <li>• Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.</li> <li>• El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.</li> <li>• Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.</li> </ul>
<b>De esfera o de macho</b>	Vaciado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de fundición en aluminio o hierro eje de acero durocromado o acero inoxidable.</li> <li>• Asientos, estopada y juntas de teflón.</li> </ul>
<b>De esfera</b>	Llenado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de fundición en aluminio o hierro eje de acero durocromado o acero inoxidable.</li> <li>• Asientos, estopada y juntas de teflón.</li> </ul>
<b>De esfera o de macho</b>	Purga de aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.</li> <li>• Mecanismo de acero inoxidable.</li> <li>• Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.</li> <li>• Obturador de goma sintética.</li> </ul>
<b>De resorte</b>	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.</li> <li>• Obturador y vástago de acero inoxidable.</li> <li>• Prensa-estopas de latón.</li> <li>• Resorte en acero especial para muelle.</li> </ul>

<b>Paso (by pass)</b>	Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de fundición en aluminio o hierro eje de acero durocromado o acero inoxidable.</li> <li>• Asientos, estopada y juntas de teflón.</li> </ul>
<b>Antiretorno (Check)</b>	Retención	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo y tapa de bronce o latón.</li> <li>• Asiento y clapeta de bronce.</li> <li>• Conexiones rosca hembra.</li> </ul>

Fuente: ASIT (2009). Guía de la Energía Solar Térmica

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanquidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas, así como el volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de válvula. Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla. Las válvulas roscadas y las de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre la tubería y el obturador.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN, expresada en [bar] o  $[\frac{kg}{cm^2}]$ , y el diámetro nominal DN, expresado en [mm] o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual o superior a 25 [mm].<sup>35</sup> La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4  $[kg/cm^2]$ .<sup>36</sup>

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 [mm].<sup>37</sup> Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del colector o grupo de colectores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema. Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

### 3.3 Aspectos y criterios de la calidad de la instalación

La correcta instalación de los equipos es una parte fundamental para obtener la función esperada por el sistema de calentamiento solar y es de vital importancia hacerlo de la forma adecuada pues de esto dependerá una larga vida útil y el uso eficiente de la energía captada. Para explicar dichos puntos, se darán una serie de aspectos y criterios que nos proporcionarán las bases de una correcta instalación.

Para los aspectos y criterios de la calidad de la instalación se analizarán los siguientes componentes del sistema de calentamiento solar:

---

<sup>35</sup> ASIT (2009)

<sup>36</sup> Idem

<sup>37</sup> Idem

- Orientación
- Inclinación
- Pérdidas por orientación e inclinación
- Sombras
- Aislamiento
- Fijación
- Heladas
- Sobrecalentamiento
- Legionelosis
- Anticorrosión
- Tuberías
- Purga de aire
- Presión

### **3.3.1 Orientación**

Los colectores solares deberán estar orientados hacia el sur geográfico, con el objetivo de obtener la mayor irradiación solar. Es importante no confundir dicha orientación con el sur magnético. Se debe tener en cuenta que existe la declinación magnética y que ésta varía en cada lugar y con el tiempo, debido a que el norte magnético de la tierra está en movimiento y no coincide con el norte geográfico. Es importante cumplir con este aspecto, pues en ocasiones se usan brújulas de mala calidad, sumado a la omisión de la declinación magnética y a los efectos propios de las instalaciones cercanas, se puede llegar a una mala orientación.

### **3.3.2 Inclinación**

El criterio de inclinación es muy importante, pues dependerá de la época del año. Se debe obtener el perfil del consumo mensual de agua caliente a lo largo del año para el establecimiento en cuestión, con el objeto de identificar la época del año de máxima demanda y en función de esto inclinar el colector adecuadamente.

El colector se deberá inclinar con un ángulo igual a la latitud del lugar en donde se instale más un incremento de aproximadamente entre 7 y 10 grados. Esto quiere decir que si se aumenta el ángulo de inclinación del colector se obtiene la máxima captación durante el invierno y si se inclina con un ángulo menor a la latitud del lugar se obtiene la máxima captación en verano.

Si el colector se ajusta cada estación en función del ángulo del sol en el firmamento, entonces estará trabajando en lo óptimo de su eficiencia.

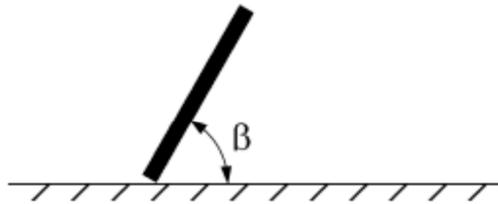
### **3.3.3 Pérdidas por orientación e inclinación**

Un criterio importante en cuanto a la instalación es la tolerancia que hay para las pérdidas máximas permisibles y el objetivo de esta sección es determinar los límites en la orientación e inclinación del colector.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación,  $\beta$ : Es el ángulo que forma la superficie de los colectores con el plano horizontal. Siendo su valor  $0^\circ$  para colectores horizontales y de  $90^\circ$  para colectores verticales.

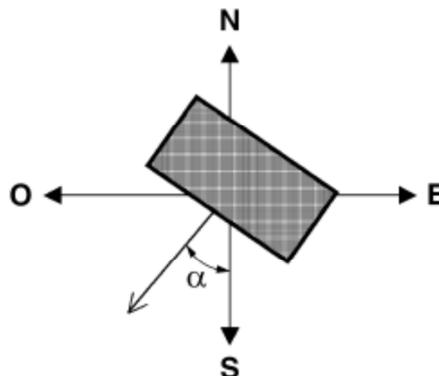
Figura 10: Perfil del colector



Fuente: IDAE (2009). Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura

- Ángulo de azimut,  $\alpha$ : Es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del colector y el meridiano del lugar. Donde los valores típicos son  $0^\circ$  para colectores orientados al Sur,  $-90^\circ$  para colectores orientados al Este y  $+90^\circ$  para colectores orientados al Oeste.

Figura 11: Ángulo azimut de un colector



Fuente: IDAE (2009). Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura

### Procedimiento para el cálculo de pérdidas por inclinación

Una vez determinado el ángulo azimut del colector, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida. Para ello se utilizará la figura 12, válida para una latitud ( $\varphi$ ) determinada, de la siguiente forma:

- Conocido el azimut, determinamos en la figura 12 los límites para la inclinación  $\varphi$ . Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %, para superposición, del 20 % y para integración arquitectónica, del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersecan, se obtienen los valores para latitud  $N = \varphi$  y se corrigen de acuerdo con lo que se cita a continuación.

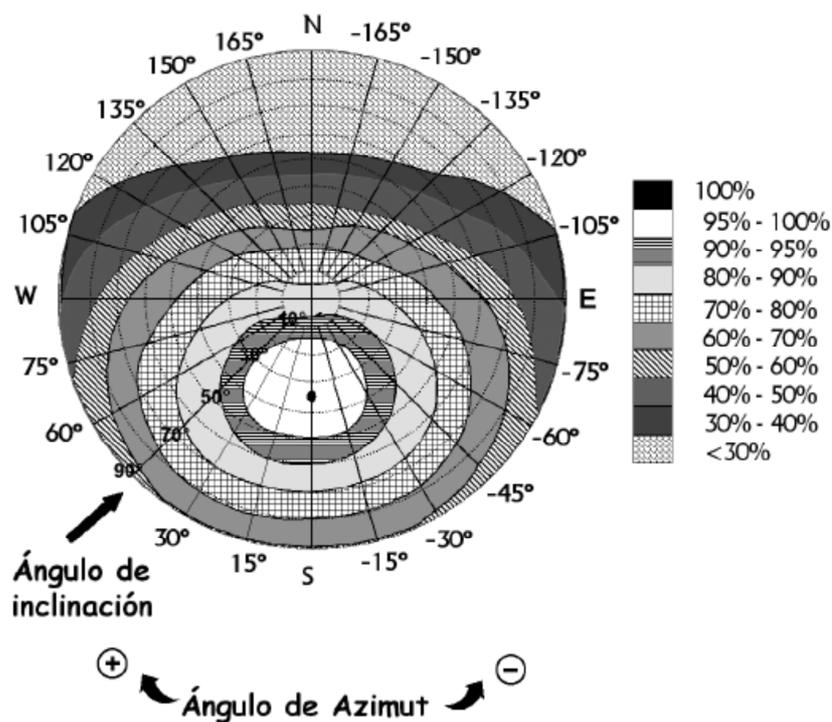
Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de  $\varphi$ , de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- *Inclinación máxima = inclinación ( $\varphi = x^\circ$ ) - ( $x^\circ - latitud$ );*
- *Inclinación mínima = inclinación ( $\varphi = x^\circ$ ) - ( $x^\circ - latitud$ ); siendo  $0^\circ$  su valor mínimo*

En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente ecuación:

- $Pérdidas(\%) = 100x[1.2x10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5x10^{-5}\alpha^2]$  para  $15^\circ < \beta < 90^\circ$
- $Pérdidas(\%) = 100x[1.2x10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2]$  para  $\beta \leq 15^\circ$

Figura 12: Límites de inclinación aceptables



Fuente: IDAE (2009). Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura

### 3.3.4 Sombras

El colector no debe de estar instalado cerca de muros u otras instalaciones que puedan proyectar sombra y hacer ineficiente al sistema.

Se debe de tener atención con los árboles que se encuentren cerca del colector, pues con el pasar del tiempo éstos crecen y pueden no permitir la captación de energía. La longitud mínima de una sombra proyectada por un árbol a mediados del invierno en el mediodía solar se podrá calcular multiplicando la altura del árbol por la cotangente de la latitud más 10 grados.

### 3.3.5 Aislamiento

Desde luego que algo muy importante durante la operación del sistema será evitar pérdidas de calor, lo que se logra mediante el uso de elementos aisladores, los cuales tienen la función de proporcionar máxima eficiencia del colector. El aislamiento se mide por lo que se conoce como factor "R" o resistencia térmica. La resistencia térmica es lo opuesto a la conducción térmica, por lo cual, un aislante con un valor bajo de conducción térmica será el indicado. Se recomienda hacer uso de un aislante igual o mayor a R-11 para aislar el colector, el termotanque y las tuberías transportadoras de fluido caliente. Comúnmente se tienen diferentes tipos de materiales usados como aislantes y entre los más típicos se encuentran:

- Fibra mineral
- Fibra cerámica
- Espuma de vidrio o termoplástico (poliuretano)
- Fibra de vidrio

También es recomendable usar virutas de madera, el corcho natural en pliego o granulado. Uno muy recomendado por los expertos es la fibra de vidrio para alta temperatura, que casi no tiene aglutinante y que se vende en láminas y con diferentes densidades. Un buen aislante debe soportar altas temperaturas constantes o en ciclos sin deterioro de su estructura física y química, así como con una muy baja conductancia térmica y sin mucha capacidad higroscópica.<sup>38</sup>

Es recomendable que el aislamiento de los colectores cuya superficie sea inferior a 2 [m<sup>2</sup>] tenga un espesor mínimo de 30 [mm],<sup>39</sup> para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 50 [mm]. Lo anterior es con el fin de que se tenga la mínima cantidad de pérdidas de energía por un mal aislamiento. Los espesores de aislamiento (expresados en [mm]) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la siguiente tabla.

---

<sup>38</sup> No absorbe humedad

<sup>39</sup> Cámara Chilena de la Construcción (2007)

**Tabla 9: Espesores de aislamientos**

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (mm)(*)	Temperatura del fluido (°C)(**)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
D<35	20	20	30	40
35<D60	20	30	40	40
60<D<90	30	30	40	50
90<D<140	30	40	50	50
140<D	30	40	50	60

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar

(\*\*) Se selecciona la temperatura máxima de red

Fuente: IDAE (2009). Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios. Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

### 3.3.6 Fijación

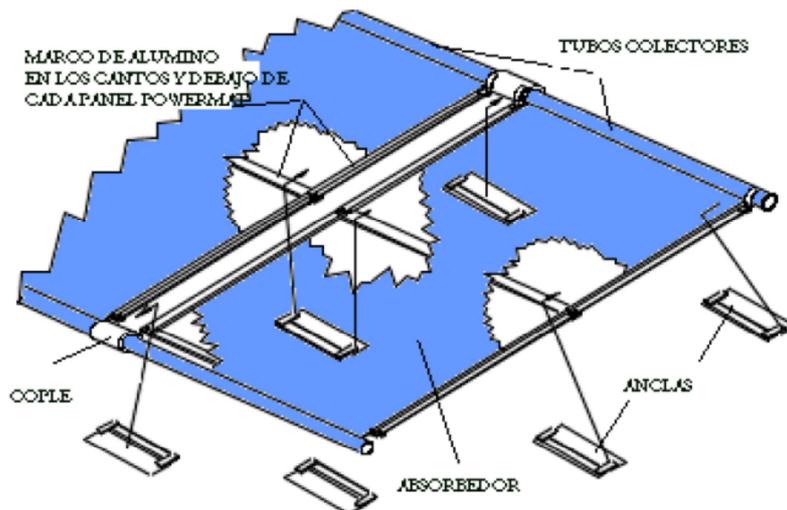
Una parte muy importante es la fijación del sistema en el lugar adecuado, y para ello existen diferentes métodos, entre los cuales se encuentran:

- Escuadras de anclaje al piso
- Anclaje directo del colector al piso (Cuando tiene la inclinación adecuada)
- Montículo de anclaje elaborado con tierra

Un aspecto importante de calidad es que el proveedor del sistema de calentamiento solar deberá de proporcionar un manual de instalación junto con el producto, indicando la forma más segura de instalar el equipo, y que a su vez, hará más eficiente y duradero el sistema. Independientemente de la configuración mostrada en el manual de instalación proporcionado por el proveedor, se deben de tener una serie de criterios básicos que resulta de gran ayuda tener en cuenta. Dichos criterios son los siguientes:

- El termostanque se debe de encontrar perfectamente atornillado a la base del colector, usando tornillos de acero inoxidable o remaches del mismo material.
- Las estructuras metálicas de anclaje deberán de ser pintadas por una capa de pintura anticorrosiva para prevenir picaduras en el material. Es importante mencionar que quedan exentos los materiales de acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio.
- Las perforaciones o barrenos hechos en el lugar de la instalación deberán de estar perfectamente sellados para no perjudicar la impermeabilización del lugar y prevenir futuros colapsos del sistema.
- El anclaje no se deberá de hacer con alambres.
- Las tuberías del sistema se deberán de sujetar con abrazaderas por lo menos cada 3 metros de distancia la una de la otra.
- La fijación se podrá dar de forma frontal, lateral y vertical.

Figura 13: Métodos de fijación de un colector comercial



Fuente: CANACINTRA-GTZ & HOPE (2002). Instalación de Sistemas Fototérmicos

### 3.3.7 Heladas

En algunas noches del invierno en el Distrito Federal existe el riesgo de problemas de roturas de tubos por la formación de cristales de hielo de agua. El fabricante deberá de fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán de ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes. Por ello, todos los componentes que sean instalados en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 [°C], deberá estar protegido contra heladas. En el sistema se deberá de especificar el método de protección anti heladas usado. Los sistemas de protección usados para sistema termosifón son los siguientes:

### Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, cuyo punto de congelación sea inferior a 0 [°C]. En todo caso, su calor específico no será inferior a  $3 \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]$ ,<sup>40</sup> equivalentes a  $0.7 \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]$ ,<sup>41</sup> medido a una temperatura 5 [°C] menor que la mínima histórica registrada. Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. La instalación deberá de disponer de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado. En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red. Es preferible el uso del propilenglicol como anticongelante a pesar de tener mayor costo y menores propiedades térmicas que el etilenglicol, debido a que este último puede presentar un riesgo por su alta toxicidad.

### Válvula anticongelante

La válvula anticongelante es un dispositivo que abre y descarga el agua fría del colector solar cuando su temperatura llega a 7.2 [°C]<sup>42</sup>, llegando agua al colector solar de mayor temperatura proveniente del termotanque y de la red de agua de suministro, previniendo el daño por congelación.

Un criterio importante es el correcto funcionamiento de la válvula, pues deberá de cerrar al llegar la temperatura del agua a 11 [°C].<sup>43</sup> Esta válvula deberá de ser usada en sistemas directos, que usan como fluido de transferencia agua y de tipo termosifón. Es importante usar una válvula anticongelante por cada 8[m<sup>2</sup>] de colector.

## **3.3.8 Sobrecalentamientos**

### Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá de estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación. Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no

---

<sup>40</sup> IDAE (2009)

<sup>41</sup> Idem

<sup>42</sup> UNAM-IPN-Usol (2005)

<sup>43</sup> Idem

supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 [°C],<sup>44</sup> sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 [°C] deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 [°C], aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar. Para ello será conveniente que el sistema cuente con una válvula termostática la cual tendrá la función de un termostato de todo o nada, regulando la salida de agua caliente en función de un parámetro preestablecido de temperatura tope, evitando así que el usuario final sufra algún tipo de quemadura. Si aumenta la temperatura del agua, la válvula se abrirá y dejará pasar agua fría a través del sistema de intercambiador de calor. De este modo, se logrará bajar la temperatura de manera rápida y eficaz.

**Tabla 10: Características de una válvula termostática**

<b>Típica válvula termostática</b>	
<b>Características</b>	No necesita algún tipo de alimentación, se autoacciona
	Se abre al aumentar la temperatura del sensor
	Se puede instalar a la entrada de agua fría o a la salida del agua caliente
	Se puede montar en cualquier posición
	El latón y otros materiales en contacto, son aptos para agua potable
<b>Materiales</b>	Piezas metálicas: latón forjado
	Muelle: acero inoxidable
	Sensor: latón
	Tubo capilar: cobre
	Vaina del sensor: latón

Fuente: <http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Literature/Manuals/04/ICPD500E105.pdf>

---

<sup>44</sup> Idem

### 3.3.9 Legionelosis

El término Legionelosis hace referencia a las enfermedades causadas por la bacteria Legionella. Básicamente estas enfermedades son dos: la Enfermedad del legionario y la Fiebre de Pontiac. La primera es una forma severa de neumonía, mientras que la segunda consiste en una infección no neumónica presentando un cuadro pseudogripal. Los focos de contaminación que con mayor frecuencia han sido relacionados con los brotes epidémicos son las instalaciones de suministro de agua caliente sanitaria (grifos, cabezales de ducha, sifones, tramos ciegos, etc.). De ahí la importancia de seguir los siguientes aspectos para prevenir el desarrollo de la bacteria en el sistema de calentamiento solar:

- El control de la temperatura del agua mediante el uso de aislamientos térmicos, en el sentido de evitar que ésta permanezca entre los 20 [°C] y los 45 [°C], intervalo de máximo desarrollo.
- La limitación de los nutrientes disponibles, por ejemplo, mediante la selección de materiales que no sean adecuados para el desarrollo de Legionella (se evitará el uso de madera, cuero, plásticos y ciertos tipos de gomas y masillas), y que sean resistentes a la acción de los desinfectantes.
- La eliminación de zonas de estancamiento del agua (tramos ciegos, tuberías de by pass, etc.), en las que los tratamientos de desinfección no son tan eficaces y pueden provocar la recolonización del sistema.
- La existencia de accesos que permitan la fácil inspección y limpieza de todos los equipos y aparatos.

### 3.3.10 Protección anticorrosión

La corrosión es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico debido al entorno en que se encuentra. De manera más general la podemos entender como la tendencia que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión este originada por una reacción electroquímica, la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades mismas de los metales en cuestión. Por lo anterior, la corrosión es un problema industrial importante y en los sistemas de calentamiento solar no es la excepción, pues como anteriormente se expuso, intervienen factores como temperatura y salinidad del fluido que hacen un ambiente propenso al deterioro de los metales.

#### Tuberías

Los materiales usados en tuberías no deben de presentar incompatibilidad electroquímica entre sí. Se debe de evitar el acoplamiento de tuberías y elementos de metales con diferentes valores de potencial electroquímico, excepto cuando según el sentido de circulación del agua, se instale primero el de menor valor. Lo anterior quiere decir que las tuberías de cobre no se colocarán antes de las conducciones de acero galvanizado, según el sentido de circulación del agua, para evitar la aparición de la corrosión.

Las tuberías metálicas se protegerán contra la agresión de todo tipo de morteros, del contacto con el agua en su superficie exterior y de la agresión del terreno mediante la interposición de un elemento separador de material adecuado e instalado de forma continua en todo el perímetro

de los tubos y en toda su longitud, no dejando juntas de unión de dicho elemento que interrumpan la protección e instalando igualmente en todas las piezas especiales de la red, tales como codos, curvas.

**Tabla 11: Revestimientos adecuados para tuberías metálicas**

<b>Material</b>	<b>Revestimiento</b>
<b>Acero</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Polietileno</li><li>• Bituminoso</li><li>• Resina Epoxídica</li><li>• Alquitrán de poliuretano</li></ul>
<b>Cobre</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plástico</li></ul>
<b>Fundición</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Película continua de polietileno</li><li>• Resina epoxídica</li><li>• Betún</li><li>• Láminas de poliuretano</li></ul>

Fuente: CEPYME (2006). Guía para las instalaciones interiores de suministro de agua

Los tubos de acero galvanizado empotrados para transporte de agua fría se recubrirán con una cubierta de cemento, y los que se utilicen para transporte de agua caliente deben recubrirse preferentemente con una coquilla o envoltura aislante de un material que no absorba humedad y que permita las dilataciones y contracciones provocadas por las variaciones de temperatura. Así mismo, toda conducción exterior y al aire libre, se protegerá igualmente. En este caso, los tubos de acero podrán ser protegidos además, con recubrimientos de cinc. Para los tubos de acero que discurren por cubiertas de hormigón se dispondrá de manera adicional a la envuelta del tubo de una lámina de retención de 1 [m] de ancho entre éstos y el hormigón. Cuando los tubos discurren por canales de suelo, ha de garantizarse que éstos son impermeables o bien que disponen de una adecuada ventilación y drenaje. En las redes metálicas enterradas, se instalará una junta dieléctrica después de la entrada del edificio y antes de la salida.

### Ánodo de sacrificio

La protección catódica del ánodo de sacrificio consiste en obligar a la estructura a funcionar como un cátodo en una celda de corrosión, mediante la manipulación y/o modificación de factores electroquímicos. Un ánodo galvánico, como también es llamado, si se conecta eléctricamente a una estructura sumergida descargará una corriente que fluirá a través del electrolito hasta la estructura que se pretende proteger. Para cumplir con este objetivo, los ánodos deben cumplir con ciertas características de peso, dimensiones y forma geométrica. El metal que actúa como ánodo se sacrifica a favor del que actúa como cátodo, por eso a este sistema se le conoce como protección catódica por ánodo de sacrificio. Aunque la mayoría de los ánodos se fabrican por colada o por gravedad, algunos ánodos se fabrican por colada continua o extrusión. El método de colada produce la apariencia y estructura física del ánodo y,

por tanto, su comercialización y desempeño. Desde el punto de vista del desempeño, el ánodo debe ser colado para que el metal solidifique sin segregaciones de constituyentes de aleación. Tampoco debe tener inclusiones de materia extraña, sopladuras ni rechupes. Si esto último ocurre, entonces aumentará el riesgo de que el ánodo tienda a pasivarse o desintegrarse físicamente.

La composición química de los ánodos de sacrificio incide en el comportamiento de ellos y particularmente sobre las propiedades que las caracterizan:

- Potencial de disolución.
- Rendimiento de corriente.
- Polarización.
- Homogeneidad de la corrosión anódica.

Asimismo, la composición química ejerce influencia sobre las propiedades del producto de corrosión como:

- Porosidad.
- Adherencia.
- Dureza.
- Conductividad eléctrica.

Un aspecto importante en cuanto a seguridad del termotanque es que este cuente con ánodo de sacrificio para evitar la corrosión, y que se revise cada 6 meses, pues con el tiempo sufre un desgaste y es necesario reemplazarlo.

**Tabla 12: Propiedades de los ánodos de sacrificio**

Propiedad	Ánodo de zinc	Ánodo de magnesio	Ánodo de aluminio		
	MIL-A 18001-H	MIL-A 24412-A	Tipo A	Tipo B	Tipo C
<b>Composición (%)</b>	Cd=0.025-0.15 Al=0.10-0.50 Fe=0.005 máx. Pb=0.006 máx. Cu=0.005 máx. Si=0.125 máx.	Cu=0.1 máx. Al=5-7 Si=0.3 máx. Fe=0.003 máx. Mn=0.15 mín. Ni=0.003 máx. Zn=2-4	Si=0.11-0.21 Fe=0.10 máx. Zn=0.3-0.5 Sn= ---- Mg=---- Hg=0.02-0.05 In=---- Cu=0.006 máx.	Si=0.10 máx. Fe=0.13 máx. Zn=3.5-5 Sn= ---- Mg=0.3-0.8 Hg=---- In=0.02-0.05 Cu=0.006 máx.	Si=0.11-0.21 Fe=0.10 máx. Zn=4-5 Sn= 0.08-0.16 Mg=---- Hg=---- In=---- Cu=0.01 máx
<b>Rendimiento</b>	0.95	0.5	0.95	0.9	0.5
<b>Potencial de trabajo mV vs Ag/AgCl</b>	-1050	-1550	-1050	-1100	-1100
<b>Potencial vs acero protegido</b>	-250	-700	-250	-350	-350
<b>Capacidad eléctrica teórica A-h/kg (A-h/lb)</b>	820(368)	2210(1100)	2830(1290)	2700(1231)	variable

<b>Capacidad eléctrica real A-h/kg (A-h/lb)</b>	780(356)	1100(503)	2689(1226)	2430(1110)	variable
<b>Consumo ánodo [Kg/A-año] [lb/A-año]</b>	11 23.8	8 17.5	3 6.8	10 21.9	5.5 12
<b>Densidad [Kg/dm<sup>3</sup>] [lb/in<sup>3</sup>]</b>	7.3 0.258	1.77 0.063	2.75 0.098	2.81 0.10	2.81 0.10

Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2004), Protección catódica–Diseño de ánodos de sacrificio

### 3.3.11 Tuberías

La instalación de las redes de tuberías se debe de hacer de manera que se consigan los objetivos previstos por el proyecto sin dañar o deteriorar el resto de la zona donde se realice la instalación, conservando las características del agua de suministro respecto de su potabilidad, evitando los ruidos molestos, procurando las condiciones necesarias para la mayor duración posible de la instalación así como las mejores condiciones para poder proporcionar un mantenimiento adecuado y conservación.

La ejecución de redes de tuberías enterradas atenderá preferentemente a la protección frente a fenómenos de corrosión, esfuerzos mecánicos y daños por la formación de hielo en su interior. Las tuberías no deben ser instaladas en contacto con el terreno, disponiendo siempre de un adecuado revestimiento de protección. Si fuese preciso, además de revestimiento de protección, se procederá a realizar una protección catódica, con ánodos de sacrificio.

El tendido de las tuberías de agua fría debe hacerse de tal forma que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente a una distancia de 4 [cm],<sup>45</sup> como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la del agua fría debe ir siempre por debajo de la del agua caliente. Las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 [cm].<sup>46</sup> Con respecto a las conducciones de gas se guardará al menos una distancia de 3 [cm].<sup>47</sup> Un aspecto importante es la forma en la que se señalarán las tuberías para que puedan ser identificadas como tales de forma fácil e inequívoca. Por lo anterior, es recomendable que las tuberías transportadoras de agua de consumo humano se pinten de color verde oscuro y azul.

### 3.3.12 Purga de aire

El trazado del circuito deberá evitar los caminos tortuosos con el propósito de favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos. Siendo así, los trazados horizontales

<sup>45</sup> CEPYME (2006)

<sup>46</sup> Idem

<sup>47</sup> Idem

de tuberías tendrán siempre una pendiente mínima del 1% <sup>48</sup> en el sentido de circulación. Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos de tal forma que el vapor o el medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no causen ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente. Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador, y en cualquier caso hasta 130 [°C].<sup>49</sup>

### 3.3.13 Presión

La presión de trabajo es un aspecto importante en un sistema de calentamiento solar, pues el comportamiento de una CSA no es el mismo a una presión de 3 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ] que a una de 6 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ] o más, y su buen funcionamiento será dependiente del tipo de instalación y la presión que se maneje.

#### Presión nominal

Es importante que en todos y cada uno de los circuitos siempre habrá que tener en consideración las diferencias que se producen por el peso de la columna del fluido de trabajo debido a la diferencia de alturas, o si por ejemplo es una instalación con tanque elevado. Para el agua se considera una presión de 1 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ] por cada 10 [m] de altura.

#### Presión máxima

La presión máxima de trabajo de cada circuito, valor máximo que puede alcanzarse durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento, deberá de ser siempre inferior a la presión de funcionamiento de la válvula con un margen de seguridad adicional de, al menos, 0.5 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ]. Es importante que la presión máxima de cada circuito se utilice para el dimensionado del sistema de expansión. Igualmente es importante que para el diseño y dimensionado de los circuitos acoplados a la acometida de agua se tendrá en cuenta las presiones máximas de trabajo de la red de abastecimiento.

#### Presión mínima

La presión mínima de cada uno de los circuitos, valor mínimo que puede alcanzar durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento, deberá ser siempre superior a la presión atmosférica. Para evitar que entre aire en los circuitos, las instalaciones estarán diseñadas para asegurar que, en las condiciones de temperaturas más frías, quede un margen de presión, entre 0,5 y 1,5 [ $\frac{kg}{cm^2}$ ], por encima de la presión atmosférica.

Para el diseño y dimensionado de los circuitos acoplados a la acometida de agua se tendrá en cuenta que puede ser cero la presión mínima de trabajo de la red de abastecimiento. También deberían considerarse aquellos casos en que la presión mínima pueda ser negativa y esté producida por el vacío que genera el peso de una columna de agua.

---

<sup>48</sup> Idem

<sup>49</sup> Cámara Chilena de la Construcción (2007)



## 4 Dimensionamiento del CSA

El dimensionamiento se refiere a la selección del sistema de calentamiento solar prefabricado para la aplicación de agua a la que este destinado. Una correcta selección del sistema es de vital importancia para un buen funcionamiento y para hacer de lado los principales problemas que se tienen al adquirir equipos que no son aptos para las necesidades en cuestión, como lo son el sobredimensionamiento que tiene por consecuencia un calentamiento excesivo del agua, o por el contrario, que el equipo no caliente lo suficiente el agua y se tenga que hacer un uso elevado del sistema auxiliar, haciendo un problema la operación del CSA y en casos inservible.

### 4.1 Datos de partida

Los datos de partida necesarios para el dimensionamiento del CSA están constituidos por tres grupos de parámetros que definen las condiciones de uso, las condiciones climáticas y los materiales del colector.

#### 4.1.1 Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según el tipo de consumo. Para aplicaciones de ACS la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente. Cada tipo de aplicación tendrá su respectiva demanda energética, pero para efectos de este Estudio, se aplicará con base a los requerimientos de ACS.

#### 4.1.2 Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total (ver Anexo 2) en el campo de colectores, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

#### 4.1.3 Materiales del colector

El material de los tubos que transportarán el fluido dentro del colector solar (sea plano o de tubos evacuados) será una parte esencial para el dimensionamiento así como la manera en cómo se sujetarán dichos tubos a las aletillas del colector. La eficiencia del colector que se traduce en el calentamiento de agua, irá directamente relacionado con los materiales del colector y la radiación a la que es sometido. El criterio de radiación solar se hará tomando como base la siguiente tabla:

Tabla 13: Relación de materiales del colector y radiación solar

Zona de clima	I	II
<b>Materiales</b>	$\left[\frac{m^2}{L}\right]$	
<b>Placa y tubo de cobre soldados (Equivalente a colector de tubos evacuados "sin tecnología")</b>	0.05	0.07
<b>Placa y tubo de acero soldados</b>	0.05	0.07
<b>Placa y tubos de cobre o aluminio amarrados (Equivalente a colector</b>	0.07	0.10

<b>de tubos evacuados con tecnología HP)</b>		
<b>Placa de acero o aluminio con tubos de plástico amarrados (Equivalente a colector de tubos evacuados con tecnología UP)</b>	0.10	0.12
Zona I: Arriba de 450 Langleys al día		
Zona II: Arriba de 400 Langleys al día		

Fuente: Paz J. (2006). Colectores Solares Planos

## 4.2 Procedimiento

### 4.2.1 Dimensionamiento del termotanque

Para saber el volumen del termotanque es necesario multiplicar el número de personas que habita la casa y que por consiguiente harán uso de ACS por la demanda diaria por persona de la misma.

### 4.2.2 Dimensionamiento del colector

Para obtener las dimensiones del colector se tendrá que aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Superficie} = \frac{\text{Volumen de termotanque [L]} \times \text{Factor del material de colector} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{L}}\right]}{\text{No. de personas}}$$

## 4.3 Verificación

La relación volumen - área del colector, siempre tendrá que cumplir la siguiente condición

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Donde:

A= Área total de los colectores, expresada en [m<sup>2</sup>];

V= Volumen del termotanque, expresado en [L].

## 4.4 Ejemplo de aplicación para dimensionamiento

Para una familia de 4 personas, que gasta aproximadamente 40[L] de ACS cada una, necesitará un termotanque de 160[L] y si el colector está fabricado de cobre soldado y vive en una región donde la insolación promedio anual diaria anda por debajo de 450  $\left[\frac{\text{langleys}}{\text{día}}\right]$ , es necesaria un área de colección de:

$$Superficie = \frac{160 [L] \times 0.07 \left[\frac{m^2}{L}\right]}{4} = 2.8 [m^2]$$

Siendo así, necesitarán un termotanque de 160 [L] y 2.8 [m<sup>2</sup>] de colector para satisfacer sus necesidades de ACS.

Verificando se tiene que:

$$50 < \frac{160}{2.8} < 180$$

$$50 < 57.14 < 180$$

Por lo tanto la relación cumple la condición y el sistema no se encuentra sobredimensionado.

## 4.5 Selección del tipo de colector

La selección del tipo de colector es un paso muy importante, pues una vez que se tienen claras las dimensiones del termotanque y el colector, se debe de seleccionar el tipo de tecnología que más se ajuste al presupuesto y a las necesidades con base en el uso. Existe un eterno debate entre qué tipo de tecnología es mejor, si el colector plano o el colector de tubos evacuados y lo que se mostrará a continuación son ventajas y desventajas de cada tipo de tecnología.

### 4.5.1 Colector Solar Plano

#### Ventajas

- Debido a que es una tecnología muy sencilla, es más económica que un colector de tubos evacuados.
- Con una buena instalación, raramente es necesario abrir el colector para hacer reparaciones.
- Son resistentes a fenómenos del medio ambiente como alta temperatura del aire, granizadas o a la lluvia abundante.
- Soportan una amplia gama de presiones de operación (tinacos, red municipal, tanque elevado, etc.)
- Poseen una larga vida útil.
- Tienen una mayor resistencia durante su transporte, elevación y maniobras.
- Presentan resistencia al vandalismo.
- Requieren un mínimo mantenimiento.

#### Desventajas

- El hueco de aire que existe entre el absorbente y la superficie transparente permite que existan pérdidas de calor en días fríos y de mucho viento.

- El agua que se filtra dentro de la carcasa, es causante de corrosión, que es el principal problema de estos colectores.
- No tienen ningún método interno de limitación de calor (cómo en su caso el HP de tubos evacuados)
- Es más pesado que uno de tubos evacuados, por lo que su instalación puede llegar a ser muy complicada.
- Requieren protección anticongelante en climas templados y fríos durante el invierno.

#### **4.5.2 Colector Solar de Tubos Evacuados**

##### Ventajas

- Al ser un tubo herméticamente sellado se eliminan las pérdidas por conducción y convección. Además de fenómenos como la corrosión y heladas.
- Al usar heat pipe, se logra una mayor eficiencia. Además de tener una autolimitación a la máxima temperatura.
- Cada tubo es independiente, por lo que si falta alguno, los otros siguen en servicio.
- 2 [m<sup>2</sup>] de superficie de colector de tubos producirán la misma energía que 4 [m<sup>2</sup>] de colector plano.
- No requieren protección anticongelante.
- Son más ligeros que uno plano.
- La conexión de los tubos de vidrio es directa al termotanque mediante empaques sin necesidad de tubería o mangueras.

##### Desventajas

- Presentan una menor resistencia al vandalismo.
- Si el espesor del tubo de vidrio exterior es menor a 1.5 [mm]<sup>50</sup> no soportan fuertes granizadas.
- No aprueban la presión requerida para el DIT.<sup>51</sup>
- Riesgo de daño en los tubos de vidrio por choque térmico si se llenan de agua estando expuestos a la radiación solar.

---

<sup>50</sup> CONUEE

<sup>51</sup> Idem

## 5 Programas Internacionales de promoción de CSA

El aprovechamiento de las energías renovables para producir energía no es un tema nuevo y en muchas partes del mundo existe una gran variedad de programas para promocionar el calentamiento solar de agua como una alternativa rentable para ahorrar energía cuidando el medio ambiente. Este es el caso de Tunisia con su programa Prosol II, que en tan solo 3 años después del inicio de su programa, en 2005, ya había instalado más de 10 veces (80,000 [m<sup>2</sup>]<sup>52</sup>) la cantidad de metros cuadrados que antes que el programa fuera puesto en marcha. Por ello es importante averiguar el contenido en cuanto a programas internacionales se refiere y cuáles son las líneas que siguen para la difusión de la tecnología.

A continuación se presentan una serie de programas que muestran sus aspectos más importantes para determinar el mecanismo por el cual fueron puestos en marcha.

### 5.1 California Solar Initiative (E.U.A)

El programa de ocho años de duración, tiene un presupuesto de 351 millones de dólares y ayudará económicamente a que los propietarios de casas y edificios comerciales sustituyan sus instalaciones de gas natural o calentadores eléctricos por calentadores solares de agua.

El 1 de Mayo de 2010 fue el día que comenzó formalmente el programa, enfocándose en el uso residencial, mientras que para uso multifamiliar y edificios comerciales la fecha de lanzamiento será el 1 de Junio de 2010.

Tabla 14: California

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	California USA
<b>Nombre del programa</b>	California Solar Initiative (CSI) - Thermal Program
<b>Tipo de incentivo</b>	Al sustituir sistemas de gas natural o calentadores eléctricos por un sistema de calentamiento solar de agua, se recibe un incentivo pagado por adelantado basado en los therms o kWhel reemplazados.
<b>Tipo de tecnología</b>	Sistemas de Calentamiento Solar de Agua
<b>Sector aplicable</b>	Propietarios de construcciones residenciales o multifamiliares de casas nuevas o ya existentes en el área de Pacific Gas and Electric Company (PG&E), Southern California Edison, San Diego Gas and Electric Company (SDG&E), and Southern California Gas Company (SoCalGas)

<sup>52</sup> <http://www.solarthermalworld.org/node/266>

<b>Monto</b>	<b>Cambio de gas natural</b>		
	paso	Incentivo por CSA residenciales	Incentivo por Therm ahorrado
	1	\$ 1,500	\$ 12.82
	2	\$ 1,200	\$ 10.26
	3	\$ 900	\$ 7.69
	4	\$ 550	\$ 4.70
	paso	Multifamiliar o edificio comercial	Incentivo por Therm ahorrado
	1	\$ 500,000	\$ 12.82
	2	\$ 500,000	\$ 10.26
	3	\$ 500,000	\$ 7.69
	4	\$ 500,000	\$ 4.70
	<b>Cambio de sistema eléctrico</b>		
	paso	Incentivo eléctrico ahorrado (\$/kWh)	Incentivo por sistema residencial
	1	0.37	\$ 1,010
	2	0.30	\$ 820
3	0.22	\$ 600	
4	0.14	\$ 380	
paso	Incentivo eléctrico ahorrado (\$/kWh)	Incentivo por multifamiliar y edificio comercial	
1	0.37	\$ 250,000	
2	0.30	\$ 250,000	

	3	0.22	\$ 250,000
	4	0.14	\$ 250,000
<b>Requerimientos de los sistemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 años de garantía en colectores</li> <li>• Ciudad o región permitida</li> <li>• Medición de sistemas arriba de 30 KWth</li> </ul>		
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Pacific Gas and Electric Company (PG&E), Southern California Edison (SCE), San Diego Gas and Electric Company (SDG&E), and Southern California Gas Company (SoCalGas)		
<b>Fondos totales</b>	351 millones de dólares, De los cuales 250 millones de dólares para reemplazar sistemas de calentamiento que usan gas y 101 millones de dólares para reemplazar sistemas eléctricos		
<b>Fecha de inicio</b>	1 de mayo 2010 para aplicaciones residenciales 1 de Junio 2010 para multifamiliares y edificios comerciales Retroactividad: Sistemas instalados después del 15 de Julio de 2009 son aceptados		
<b>Fecha de término</b>	31 de Diciembre 2017 o hasta que los fondos del programa hayan sido agotados.		

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/1060>

## 5.2 Thermal Solar Scheme (Portugal)

Es un programa portugués de incentivos para calentadores solares de agua, cuyos mercados objetivo incluyen pequeñas y medianas empresas (PyME). Tiene un presupuesto de 95 millones de euros y la meta es subvencionar 300,000 [m<sup>2</sup>] de colector solar instalado.

Tabla 15: Portugal

Ítem	Características
País/Región	Portugal
Nombre del programa	Esquema Solar Térmico
Tipo de incentivo	Rebaja
Tecnologías elegibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termosifón de 200 litros con sello Solar Keymark para el colector</li> <li>• Termosifón de 300 litros con sello Solar Keymark para el colector</li> <li>• Sistema de circulación forzada para tanques de 300 litros y sello Solar Keymark para colector</li> <li>• Sistemas de gran escala</li> </ul>
Sectores aplicables	Uso residencial (nuevas construcciones o reconstruidas) Desde septiembre del 2009 Private Social Solidarity Institutions, clubes deportivos y Asociaciones con Utilidades Públicas
Monto	Rebaja residencial: EUR 1,600 por sistema (independientemente del tipo de sistema) Instituciones sociales: Subsidio del 65% de los gastos de la inversión
Incentivo máximo	Residencial: EUR 1,600 Instituciones Sociales: EUR 250,000
Exigencias para proveedores de sistemas	El proveedor del sistema tiene que ser un negocio pequeño o de talla mediana (la PyME) con menos de 250 trabajadores y un volumen de ventas anual debajo de EUR 50 millones. La empresa respectiva debe ser capaz de producir al menos 500 m <sup>2</sup> de colector el área cada año y realizar 15 instalaciones por mes.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantía de 6 años sobre equipo e instalación</li> <li>• Los contratos de mantenimiento deben durar un mínimo de 6 años e incluir al menos una</li> </ul>

<b>Requerimientos de instalación</b>	<p>inspección completa por año.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los instaladores deben poseer el C.A. P. (Certificado de Habilidad Profesional)</li> </ul>
<b>Tipo de financiamiento</b>	<p>Los bancos seleccionados venden los sistemas rebajados de nuevo al usuario final y pagan las facturas de los fabricantes de sistema o proveedores de instituciones Sociales. La institución contacta al banco y selecciona un mínimo de 6 compañías de sistemas solares en este programa, las cuales realizarán una oferta. El subsidio del 65 % de gastos de la inversión será pagado según la oferta más baja.</p>
<b>Fondos totales</b>	EUR 95 millones
<b>Fuentes de financiamiento</b>	Gobierno Portugués
<b>Fecha de inicio</b>	Marzo 2009
<b>Fecha de término</b>	Diciembre 2010

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/629>

### 5.3 Renewable Energy Bonus Scheme (Australia)

El nuevo Esquema de Prima de Energía renovable del Gobierno australiano Federal concede una rebaja de AUD 1,000 a cada aspirante que quiere sustituir el sistema de calentamiento eléctrico en su casa ya construida con un calentador solar de agua. En general, los fondos públicos del programa estarán disponibles hasta el año 2012.

Tabla 16: Australia

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Australia
<b>Nombre del programa</b>	Esquema de Prima de Energía Renovable
<b>Tipos de incentivo</b>	Rebaja
<b>Tecnologías que aplica</b>	Sistemas de calentamiento solar de agua y aislamiento para techos
<b>Sector</b>	Residencial (Limitado a casas ya construidas)
<b>Monto</b>	Los hogares podrán recibir una rebaja para la instalación de aislamiento o sistemas de CSA. Los hogares directamente (y no los instaladores) tendrán que solicitar la rebaja de 1000 dólares australianos a través del sistema medicare.
<b>Requerimientos de los sistemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe de sustituir un sistema eléctrico de calentamiento de agua</li> <li>• El sistema debe de ser elegible para al menos 20 RECs</li> </ul> (REC= Certificado de energía renovable, se basan en la cantidad de emisiones de GEI)
<b>Requerimientos de la instalación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El instalador debe de proporcionar calificaciones</li> <li>• El sistema debe de ser comprado e instalado durante o después de la fecha de anuncio (19 de febrero 2010)</li> <li>• El edificio deberá de ser uno ya construido, las nuevas construcciones quedarán excluidas del programa (excepto las que entren en el Victorian Bushfire Appeal Fund)</li> </ul>
<b>Financiamiento</b>	Departamento de Medio Ambiente, Agua, Herencia y Artes
<b>Fondos totales</b>	AUD 252 millones

<b>Fuente de los fondos</b>	Fondos Públicos
<b>Fecha de inicio</b>	20 de marzo 2010
<b>Fecha de término</b>	30 de Junio 2012

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/1120>

## 5.4 One Million Green Home Project (Corea del Sur)

Este programa apoya una gran gama de tecnologías de energía renovable: solar, energía fotovoltaica, geotérmica, biomasa y energía eólica. El objetivo hasta 2020 es crear un millón de casas que usa una de estas tecnologías. Cada año, el gobierno pondrá el nuevo presupuesto para el siguiente.

**Tabla 17: Corea del sur**

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Corea del Sur
<b>Nombre del programa</b>	1 Million Green Home Project
<b>Tipo de incentivo</b>	Subsidio
<b>Tecnologías aplicables</b>	Solar térmica, PV, Geotérmica, Biomasa y eólica
<b>Sector</b>	Residencial
<b>Monto</b>	930,000 [KRW/m <sup>2</sup> ] (715 [USD/m <sup>2</sup> ])
<b>Incentivo Máximo</b>	50% de la inversión de un Sistema Solar Térmico
<b>Requerimientos para los sistemas</b>	La certificación del colector tiene que cumplir con los requerimientos.
<b>Requerimientos para la instalación</b>	El instalador tiene que ser certificado por la Corporación de Dirección de Energía coreana (KEMCO).
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Korean New and Renewable Energy Center (KNREC)
<b>Fondos totales</b>	USD 72 millones para todas las tecnologías en 2009 USD 25 millones para solar térmica y geotérmica USD 45 millones para PV El presupuesto total será renovado cada año
<b>Fuente de financiamiento</b>	Dinero público
<b>Fecha de inicio</b>	1 de Enero 2009
<b>Fecha de término</b>	2020

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/828>

## 5.5 Solar Water Heating Programme (Sudáfrica)

El programa se desarrolla en Sudáfrica y el proveedor de energía eléctrica, Eskom, concede rebajas de hasta 30%. Se recibieron alrededor de 800 sistemas en su inicio en enero 2008.

Tabla 18: Sudáfrica

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Sudáfrica
<b>Nombre del programa</b>	Programa de Calentadores Solares de Agua
<b>Tipo de incentivo</b>	Rebaja
<b>Tecnología que aplica</b>	Sistemas de calentamiento solar de alta presión aprobados por SABS (South African Bureau of Standards)
<b>Sector</b>	Propietarios de casa
<b>Monto</b>	ZAR 12,500 dependiendo del tamaño del sistema instalado
<b>Incentivo máximo</b>	Entre ZAR 2,100 y 12,500
<b>Requerimientos para el sistema</b>	<p>Los sistemas certificados por SABS (la Oficina sudafricana de Normas) y Normas sudafricanas Nacionales para el funcionamiento térmico y mecánico y la seguridad (SANS). Proveedores de Sistema deben ser acreditados por una firma de revisión especializada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 años de garantía</li> <li>• Sistemas de alta presión con temporizador</li> <li>• Miembros de SESSA (Sustainable Energy Society of Southern Africa)</li> <li>• Documentos y detalles de la compañía</li> </ul>
<b>Requerimientos para la instalación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los proveedores son completamente responsables de sus propios equipos de instalación. Los proveedores acreditados registran a sus instaladores y ellos son responsables de la supervisión de las instalaciones para garantizar que ellos cumplen regulaciones de edificio y con el programa.</li> <li>• El sistema debe ser conveniente para la casa y la región en términos de tamaño, la protección de helada y la calidad de agua</li> </ul>
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Regulador Nacional de Energía de Sudáfrica (NERSA), Eskom / Demand Side Management (DSM)

<b>Fondos totales</b>	ZAR 2 billones para desarrollo, comercialización e incentivos
<b>Fuente de financiamiento</b>	Impuesto sobre la tarifa de electricidad
<b>Fecha de inicio</b>	Enero 2008, con una nueva rebaja desde enero 2010
<b>Fecha de término</b>	2013

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/443>

## 5.6 Prosol II (Tunisia)

El mercado solar térmico en Tunisia se ha incrementado notablemente en los últimos 4 años. Antes de instaurar el programa Prosol II, en 2005, solamente 7,000 [m<sup>2</sup>] habían sido instalados en Tunisia (4.9 [MWth]).<sup>53</sup> Para el 2008 la cifra oficial es de 80,000 [m<sup>2</sup>] (56 [MWth]).

Tabla 19: Tunisia

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Tunisia
<b>Nombre del programa</b>	Prosol II
<b>Tipo de incentivo</b>	Subvención o crédito reembolsable
<b>Tecnología que aplica</b>	Calentadores Solares de Agua
<b>Sector</b>	Residencial / Comercial
<b>Monto</b>	Residencial: Hasta TND 200 para CSA con termostanque de 200 [L] Hasta TND 400 para CSA con termostanque de 300 [L] más un crédito reembolsable en 5 años. Comercial: Subvención que cubre el 50 % del costo del concepto (hasta TND 5,000) y una subvención nacional que cubre el 20 % del costo de la inversión del sistema (hasta 50 TND/M <sup>2</sup> ) y una subvención internacional que cubre el 20 % del costo de la inversión del sistema
<b>Requerimientos para el sistema</b>	Sello Solar Keymark
<b>Requerimientos para la instalación</b>	Sello Qualisol
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz (STEG)
<b>Fondos totales</b>	TND 220 millones
<b>Fuente de financiamiento</b>	Fondos públicos
<b>Fecha de inicio</b>	2005

<sup>53</sup> <http://www.solarthermalworld.org/node/166>

Criterios de calidad en los sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano  
Programas Internacionales de Promoción de CSA

---

<b>Fecha de término</b>	No
-------------------------	----

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/266>

## 5.7 EcoEnergy Retrofit Programme (Canadá)

El programa se implantó para mejorar la eficacia de edificios residenciales. Esto concede subvenciones para una serie entera de medidas de construcción. Esta lista también incluye calentadores de agua solares domésticos.

Tabla 20: Canadá

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Canadá
<b>Nombre del programa</b>	EcoEnergy Retrofit Programme
<b>Tipo de incentivo</b>	Subvención
<b>Tecnología que aplica</b>	Calentadores Solares de Agua
<b>Sector</b>	Casa propia, residencial, pequeñas construcciones de no más de 3 pisos
<b>Monto</b>	CAD 1,250
<b>Máximo incentivo</b>	CAD 5,000 por edificio (Incluyendo otro sistema de eficiencia energética)
<b>Requerimientos para el sistema</b>	F378-87 de la Asociación de Normas Canadiense
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Recursos Naturales Canada (NRCan)
<b>Fondos totales</b>	CAD 220 millones para todas las medidas. Incremento a CAD 300 millones en Marzo 2009
<b>Fuente de financiamiento</b>	Fondos públicos
<b>Fecha de inicio</b>	01 de Abril 2007
<b>Fecha de término</b>	31 de Marzo 2011

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/379>

## 5.8 Market Rebate Programme for Renewable Energy (MAP) (Alemania)

Desde el lanzamiento del MAP en el verano de 1999, el programa ha experimentado más adaptaciones de sus requerimientos que el número de años que esto ha estado controlando hasta ahora. El último en su serie de cambios fue anunciado sólo hace tres meses, al final de febrero de 2010.

Tabla 21: Alemania

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Alemania
<b>Nombre del programa</b>	Market Rebate Programme for Renewable Energy
<b>Tipo de incentivo</b>	Subsidio
<b>Tecnología que aplica</b>	Calentadores Solares de Agua, bombas, tanques
<b>Sector</b>	Individuos, trabajadores independientes, municipios, autoridades municipales, comunidades, organizaciones no lucrativas, empresas pequeñas y medianas
<b>Monto</b>	<p>Regulaciones básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CSA de hasta 40 [m<sup>2</sup>] de área:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Edificios en uso 60 [EUR/m<sup>2</sup>] (máximo EUR 410 por instalación)</li> <li>2. Edificios nuevos 45 [EUR/m<sup>2</sup>] (máximo EUR 307.5)</li> </ol> </li> </ul> <p>Sistemas “combi” (de boiler combinado) para agua caliente de familias de casas pequeñas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 40 [m<sup>2</sup>] de área de colector instalada.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Edificios en uso 105 [EUR/m<sup>2</sup>] de área de colector.</li> <li>2. Nuevos edificios 78.75 [EUR/m<sup>2</sup>] de área de colector</li> </ol> </li> <li>• Más de 40 [m<sup>2</sup>] de área de colector instalada               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Edificios en uso 45 [EUR/m<sup>2</sup>] de área de colector.</li> <li>2. Nuevos edificios 33.75 [EUR/m<sup>2</sup>] de área de colector</li> </ol> </li> </ul> <p>Refrigeración solar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Edificios en uso 105 [EUR/m<sup>2</sup>] de área de colector.</li> <li>2. Nuevos edificios 78.75 [EUR/m<sup>2</sup>] de área de colector</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos generales:</li> </ul> <p>Colectores planos: Mínimo 9 [m<sup>2</sup>] de área de colector</p>

	<p>Colector de tubos evacuados : Mínimo 7 [m<sup>2</sup>] de área de colector</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regulaciones adicionales:</li> </ul> <p>Prima de reemplazo de boiler: EUR 400</p> <p>Prima de reemplazo de bomba por una solar: EUR 50</p> <p>Extensión de un Sistema de Calentamiento Solar: Subsidio de EUR 45 por [m<sup>2</sup>] adicional</p> <p>Prima de innovación para sistemas de calentamiento solar.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>210 [EUR/m<sup>2</sup>] en edificios ya existentes</li> <li>157.5 [EUR/m<sup>2</sup>] en nuevas estructuras.</li> </ol>
<b>Requerimientos para el sistema</b>	Certificado Solar Keymark para colector solar
<b>Proveedor de financiamiento</b>	BMU German Federal Environment Ministry
<b>Fondos totales</b>	EUR 500 millones del presupuesto anual para tecnologías en energías renovables
<b>Fuente de financiamiento</b>	Fondos públicos
<b>Fecha de inicio</b>	Verano 1999
<b>Fecha de término</b>	2012

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/1193>

## 5.9 Accelerated development and deployment of solar water heating systems in domestic, industrial and commercial sectors from April 2008 to March 2010 (India)

En Agosto de 2008 el gobierno de India comenzó a ofrecer subvenciones para la instalación de equipos de calentamiento solar de agua. Los montos han sido revisados para aumentar el uso de estos sistemas. El esquema estuvo planeado hasta el 31 de Marzo 2010 pero ha sido extendido.

Tabla 22: India

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	India
<b>Nombre del programa</b>	Accelerated development and deployment of solar water heating systems in domestic, industrial and commercial sectors from April 2008 to March 2010
<b>Tipo de incentivo</b>	Subvenciones de interés y subvenciones de capital por [m <sup>2</sup> ] de área de colector
<b>Tecnología que aplica</b>	Calentadores Solares de Agua
<b>Sector</b>	Instituciones, establecimientos comerciales, edificios y casas
<b>Objetivo</b>	1.4 millones de [m <sup>2</sup> ] de área de colector instalada entre Abril 2008 y Marzo 2010
<b>Subsidio de interés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0% de Interés en préstamos a usuarios domésticos en los siguientes estados: Assam, Meghalaya, Arunachal Pradesh, Tripura, Manipur, Nagaland, Mizoram, Sikkim, Himachal Pradesh, Jammu and Kashmir, Uttaranchal, Chhattisgarh, Jharkhand and the Indian Islands</li> <li>Préstamos en otros estados: 2% para usuarios domésticos 3% para usuarios institucionales 5% para usuarios industriales/comerciales</li> </ul>
<b>Subsidio de capital</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instituciones no lucrativas: 1,750 [INR/m<sup>2</sup>]</li> <li>Instituciones y empresas con fines lucrativos: 1,400 [INR/m<sup>2</sup>]</li> </ul> <p>Subsidios para sistemas con capacidad de 2,500 [L] por día (aproximadamente 20 [m<sup>2</sup>]) o más:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conjuntos de viviendas: INR 1,900/m<sup>2</sup></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcciones institucionales y comerciales 1,750 [INR/m<sup>2</sup>]</li> </ul>
<b>Requerimientos para el sistema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIS aprobado para colectores planos</li> <li>• MNRE aprobado para colectores de tubos evacuados</li> </ul>
<b>Requerimientos para la instalación</b>	El sistema debe cumplir con IS 12933
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Indian Renewable Energy Development Agency Limited (IREDA) Non-Banking Financial Companies (NBFC)
<b>Fondos totales</b>	INR 495 millones
<b>Fuente de financiamiento</b>	Ministerio de Energías Nuevas y Renovables del Gobierno de India
<b>Fecha de inicio</b>	18 de Agosto 2008
<b>Fecha de término</b>	31 de Marzo 2010 (Extendido pero no oficialmente aprobado)

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/697>

## 5.10 Solar Water Heating Finance Assistance Programme (Nueva Zelanda)

El Gobierno de Nueva Zelanda acordó en Noviembre de 2006 un programa de cinco años y medio para promover calentadores solares de agua con un presupuesto de NZD 15.5 millones. El programa aumentó la demanda gracias a la información, la demostración y programas promocionales, e incentivos directos financieros.

**Tabla 23: Nueva Zelanda**

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Nueva Zelanda
<b>Nombre del programa</b>	Solar Water Heating Finance Assistance Programme
<b>Tipo de incentivo</b>	Hay dos opciones de financiamiento Contribución de NZD 1,000 para un préstamo para pagar un sistema de calentamiento de agua Subvención de NZD 1,000 del costo de un sistema
<b>Tecnología que aplica</b>	Calentadores Solares de Agua
<b>Sector</b>	Residencial
<b>Monto</b>	NZD 1,000
<b>Requerimientos para el sistema</b>	La cotización debe de estar entre los rangos del sistema elegible
<b>Requerimientos para la instalación</b>	Instaladores aprobados por los proveedores
<b>Proveedor de financiamiento</b>	Prometheus Ethical Finance
<b>Fondos totales</b>	NZD 15.5 millones para los primeros tres y medio años
<b>Fecha de inicio</b>	11 de Noviembre 2006
<b>Fecha de término</b>	2012

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/267>

## 5.11 Providing tax relief for solar thermal systems (Chile)

El programa de crédito fiscal durará hasta el año 2013 y se concentrará en compañías de construcción que sean capaces de deducir una determinada parte de sus costos de inversión en CSA incluyendo su instalación.

Tabla 24: Chile

Ítem	Características
<b>País/Región</b>	Chile
<b>Nombre del programa</b>	Ayuda de impuestos para instalaciones solares térmicas
<b>Tipo de incentivo</b>	Reducción de impuestos
<b>Tecnología que aplica</b>	Calentadores Solares de Agua
<b>Sector</b>	Empresas de construcción y desarrolladores de vivienda
<b>Destinatarios</b>	Edificios de viviendas para familias de bajos recursos
<b>Requerimientos para el sistema</b>	Sistemas de calentamiento solar de agua que sean capaz de generar, por lo menos, un promedio de 30% de la demanda anual de agua caliente
<b>Requerimientos especiales</b>	La constructora está obligada a presentar a la municipalidad el modelo y número de serie de los colectores y tanques, así como una confirmación por escrito acerca de su diseño que permite la participación solar mínima estipulada en la ley
<b>Fecha de inicio</b>	Agosto 2009
<b>Fecha de término</b>	Finales de 2013

Fuente: <http://www.solarthermalworld.org/node/993>



## 6 Prácticas para Garantizar la Calidad de CSA en Programas Internacionales de Promoción

El principal objetivo de este capítulo es ofrecer un panorama general de los mecanismos con los cuales los programas internacionales aseguran la calidad del producto y la instalación en los CSA y con ello garantizan un óptimo funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil.

### 6.1 Producto

#### 6.1.1 California Solar Initiative (E.U.A)

Los CSA de tipo residencial deberán contar con el sello “Solar Rating and Certification Corporation (SRCC)”.

##### SRCC Solar Rating and Certification Corporation

Es una organización no lucrativa establecida en 1980, la cual administra certificaciones nacionales y programas para equipo de energía solar. Cuenta con un consejo consultivo de 13 miembros que incluye representantes de la industria de la energía solar, el sector público (estado y gobierno local) e intereses generales (utilidades, investigación, industria de la construcción, etc). Implementa programas y estándares nacionales para equipo de energía solar. Estos programas permiten a agencias de gobierno, compañías y organizaciones interesadas medidas de aseguramiento de que los productos solares usados en sus programas están probados y certificados. Los programas de certificación SRCC también proporcionan una base racional para crédito fiscal y rebajas así como el medio para poner códigos y normas.

Los sellos SRCC cuentan con dos modalidades en cuanto a calentamiento solar se refiere:

1. El OG-100 que es la certificación para colectores; y
2. El OG-300 que es la certificación para sistemas.

Las dos certificaciones se tendrán que obtener tanto para equipos que reemplazarán sistemas a gas, como para los equipos que reemplazarán sistemas eléctricos.

##### Certificación OG-100 para colectores

Tabla 25: Pruebas que se realizan en la certificación OG-100

Prueba	Características
<b>Selección aleatoria</b>	Para asegurar que el colector solar es representativo de lo que el fabricante ofrece a los consumidores.
<b>Recepción de inspección</b>	Para establecer el estado original del colector de manera que cualquier cambio como resultado de las pruebas pueda ser identificado.
<b>Prueba de presión estática</b>	Someter el colector a una presión interior superior a su presión normal de funcionamiento
<b>La exposición de 30 días de prueba</b>	Someter al colector solar a un entorno de radiación para determinar o revelar cualquier tendencia a la degradación del material o de diseño.
<b>Choque térmico</b>	Realizado en tres días diferentes durante el pico de estancamiento. El colector está sometido a rociadores de agua para evaluar su resistencia a la

<b>“Water Spray Test”</b>	súbita expansión o contracción térmica.
<b>Choque térmico “Cold Fill Test”</b>	Para probar el absorbente y su montaje. Prueba para determinar la integridad del absorbente a la rápida expansión y contracción, resistencia fugas y a la deformación o daño estructural.
<b>Post exposición estática Prueba de presión</b>	Determina si una pérdida de presión, evidencia de filtración de fluido o el deterioro por el paso de fluidos se produce después que un colector es sometido a las peores condiciones de funcionamiento.
<b>Determinación de la constante de tiempo</b>	Para determinar el comportamiento transitorio del colector o el tiempo necesario para responder a los cambios bruscos ya sea en el aislamiento o la entrada de las temperaturas.
<b>Prueba de rendimiento térmico</b>	Para determinar la eficiencia instantánea del colector sobre una amplia gama de temperaturas de operación. (“Eficiencia” se define como la relación de la energía recolectada a la caída de la energía disponible sobre el área completa de colección.
<b>Prueba del modificador de ángulo incidente</b>	El modificador de ángulo de incidencia necesita ser determinado con el propósito de predecir el rendimiento del colector para una amplia gama de condiciones. El algoritmo modificador es usado para modificar la curva de eficiencia para dar cuenta de los cambios en el funcionamiento en función del ángulo de incidencia del sol.
<b>Desmontaje e inspección final</b>	Para inspeccionar visualmente los principales componentes y subconjuntos y dar a conocer sus condiciones después que la prueba se ha completado.

Fuente: SRCC (2007). Solar Rating and Certification Corporation Document. Cocoa FL

Una vez que el colector ha completado con éxito las pruebas, los resultados son enviados a la SRCC para la evaluación y el cálculo de los índices de rendimiento térmico. Si existen suficientes pruebas de la degradación, la penetración del agua, la corrosión o el posible daño de las piezas o materiales, el certificado SRCC OG-100 es negado. Además de la finalización con éxito de las pruebas, el SRCC también debe de estar convencido de que, con base en la documentación del producto y la información presentada, el colector cumple los requisitos de durabilidad en el diseño y la construcción. Una vez que la certificación ha sido concedida, la SRCC podrá llevar a cabo son previo aviso y al azar, inspecciones a las instalaciones de los fabricantes para asegurar que el producto está continuamente producido con los mismos materiales y las especificaciones conforme a la certificación y que la calificación del desempeño sigue siendo válida.

#### Duración del certificado SRCC OG-100

La certificación del colector expira a los doce años a partir de la fecha en que el colector se puso a prueba. La solicitud de una re-certificación para un modelo existente que esta por expirar es tratará como una nueva solicitud que debe de completar todo el proceso desde la selección aleatoria hasta el desmontaje y la inspección final.

Figura 14: Sello SRCC OG-100

COLLECTOR THERMAL PERFORMANCE RATING								
METRIC (SI Units)				 SRCC Standard 100	ENGLISH (Inch-Pound Units)			
Megajoules per Panel per Day					Thousands of Btu per Panel per Day			
Category (Ti-Ta)	Clear Day	Mildly Cloudy	Cloudy Day		Category (Ti-Ta)	Clear Day	Mildly Cloudy	Cloudy Day
	23 MJ/m <sup>2</sup> d	17 MJ/m <sup>2</sup> d	11 MJr/m <sup>2</sup> d		2000 Btu/ft <sup>2</sup> d	1500 Btu/ft <sup>2</sup> d	1000 Btu/ft <sup>2</sup> d	
A (-5°C)					A (-9°F)			
B (5°C)					B (9°F)			
C (20°C)					C (36°F)			
D (50°C)					D (90°F)			
E (80°C)					E (144°F)			

Fuente: SRCC (2007). Solar Rating and Certification Corporation Document. Cocoa FL

### Certificación OG-300 para sistemas

El propósito de ésta certificación opcional es garantizar la seguridad de los productos, la fiabilidad y el rendimiento de los proveedores, dando la oportunidad de presentar sus sistemas con el fin de producir los mejores productos posibles.

Los sistemas deberán de contar con la siguiente identificación.

- Nombre del modelo del proveedor o número para el sistema.
- Nombre del colector y número de modelo, número de certificación SRCC, número de colectores usados en el sistema y evaluación del rendimiento del sistema.
- Nombre del termostanque y número de modelo, así como capacidad volumétrica.
- Método de transferencia de calor del termostanque; directo o a través de un intercambiador de calor así como el modelo y el tipo en su caso.
- Nombre y número de modelo de la bomba en caso de aplicar.
- Nombre y número del control y tipo de operación en caso de aplicar.
- Diagrama de los componentes del sistema y su interconexión.

### Criterios para la certificación

Tabla 26: Criterios para la certificación OG-300

Ítem	Características	
	Límites de funcionamiento	Se proveerán medios para proteger el sistema dentro de los límites de diseño de la temperatura y presión.
	Expansión térmica	El diseño del sistema, componentes y subconjuntos deberá de contener disposiciones adecuadas para la contracción térmica y expansión de los fluidos de transferencia de calor, fluidos térmicos de almacenamiento y

<b>Criterios de diseño</b>	Criterios de diseño del sistema en general		componentes del sistema que se encuentren en el rango de temperaturas de cálculo.
		Equipo auxiliar de calentamiento de agua	Se deberá de proporcionar un sistema de respaldo que combinado con el de calentamiento solar, proporcionen el mismo grado de fiabilidad y rendimiento que un sistema convencional.
		Prevención contra pérdidas por efecto termosifón	Se proveerán medios para evitar indeseables escapes de energía térmica a través de la acción del efecto termosifón.
		Calibración del fluido del sistema	Bombas, tuberías, ventiladores, ductos y otros componentes deberán de estar calibrados para transferir el fluido.
		Protección del vacío inducido por la presión	Todos los componentes del sistema solar deberán de estar protegidos contra la máxima depresión que podría ocurrir dentro del sistema.
		Protección contra choque térmico	El sistema deberá de contar con protección contra choques térmicos producidos por fallas de energía eléctrica.
		Contaminantes en el aire	Los componentes y materiales que estén expuestos a contaminantes atmosféricos como el ozono, SO <sub>2</sub> o NO <sub>x</sub> no deberán de presentar efectos adversos por estos factores.
	Criterios de diseño para el colector	Colectores	Los colectores del sistema deberán de estar certificados con el sello SRCC OG-100.
		Protección contra la radiación UV	La radiación UV no deberá de alterar el funcionamiento de ningún componente o subcomponente del sistema.
		Control de circulación del colector	El subsistema de control del colector deberá de ser diseñado para ser compatible con el control del sistema.
		Requerimientos de diseño para el termotanque	Los termotanques presurizados y no presurizados deberán de contar con los requerimientos de los estándares nacionales.
			Excepto en los casos requeridos por el diseño del sistema o limitados por

Criterios de calidad en los sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano  
Prácticas para Garantizar la Calidad de CSA en Programas Internacionales de Promoción

	Criterios de diseño para el termostato e intercambiador de calor	Aislamiento del termostato	el aislamiento del termostato, deberá de contar con un aislamiento mínimo $R-2.1 \left[ \frac{m^2}{W} \right]$ .
		Impermeabilización	Subterráneo o al exterior, los termostatos deberán de contar con impermeabilización para evitar filtraciones de agua.
		Tanques de expansión	Los tanques de expansión deberán de ser calibrados de acuerdo con las recomendaciones de "ASHRAE"
		Intercambiadores de calor	Cuando fluidos tóxicos son usados, se debe de usar un intercambiador de doble pared. El intercambiador de calor del sistema deberá de ser diseñado de manera que no contamine el agua
	Criterios de diseño para bombas y controles	Identificación de cableado	El cableado del control del circuito y terminales deberán de estar identificados de conformidad con el capítulo 2 del "Código Eléctrico Nacional"
		Líneas de control y sensores	Todos los cables, conexiones, sensores, líneas neumáticas, líneas hidráulicas o de otros medios de transmisión para controlar dispositivos deben ser suficientemente protegidos de la degradación o de la introducción de falsas señales como consecuencia de la condiciones de funcionamiento de otros componentes o del medio ambiente mismo.
		Control de temperatura	El CSA estará equipado con un sistema para limitar automáticamente la temperatura del agua caliente a una temperatura seleccionable.
	Criterios de diseño para fontanería y tuberías	Protección de sustancias extrañas	El sistema de conducción de fluido estará protegido para evitar la contaminación por sustancias extrañas que puedan afectar a la circulación y calidad del fluido más allá de los límites aceptables.
		Aislamiento	Todas las tuberías de interconexión de agua caliente tendrán que contar con aislamiento adecuado.
		El sistema deberá de ser capaz de soportar periodos prolongados de estancamiento (flujo solar alto cuando no hay demanda de agua	

<b>Criterios de fiabilidad y durabilidad</b>	Estancamiento	caliente) sin deterioro significativo del sistema y sin mantenimiento. Incluye las pérdidas de energía eléctrica en el sistema.	
	Degradación solar	Los componentes o materiales no se verán afectados por la exposición a la luz solar en una medida significativa durante su vida de diseño.	
	Condiciones de operación	Colectores, tanques, bombas, válvulas, orificios de regulación, reguladores de presión, intercambiadores de calor, tuberías, mangueras y otros componentes deberán de ser capaces de operar en a diferentes presiones.	
	Materiales incompatibles	Los materiales que no presenten compatibilidad deberán de estar aislados o tratados para evitar su degradación.	
	Protección contra el congelamiento	La protección contra congelamiento se deberá de realizar a todos los componentes del sistema que contengan líquidos de transferencia de calor.	
	Protección de fugas	Todas las secciones de agua potable del CSA no deberán de presentar fugas en las pruebas de conformidad con los códigos vigentes.	
<b>Criterios de seguridad</b>	Protección de componentes eléctricos	La sobrecarga y la sobretensión de los componentes eléctricos deberán ser compatibles con la clasificación de corriente máxima del dispositivo.	
	Sistema de prevención de fallos	Los subsistemas de control estarán diseñados de manera que, en el caso de una falla eléctrica o un fallo de cualquiera de los componentes del sistema, las temperaturas o las presiones desarrolladas en el CSA no causarán daños en el sistema, edificio o poner en peligro al usuario final.	
	Control de temperatura alta	Se proveerán medios para limitar la temperatura del tanque a un valor que no exceda el especificado por el proveedor.	

	Contaminación de agua potable	Los materiales que estén en contacto directo con el agua potable no deberán de alterar el sabor, olor o cualidad física, así como su apariencia y deberán de respetar las “ <b>Normas de Saneamiento</b> ”.	
	Toxicidad	El uso de líquidos tóxicos deberá de cumplir con lo estipulado en la “Ley Federal de Sustancias Peligrosas”	

Fuente: SRCC (2008). Operating Guidelines and Minimum Standards for Certifying Solar Water Heating Systems, E.U.A

### 6.1.2 Prosol II (Tunisia)

El programa Prosol II se enfrentó a una problemática en cuanto a calidad de equipos y fue necesario aplicar medidas inmediatas.

- Los procedimientos en la seguridad de la energía eléctrica del sistema no siempre se tenían en cuenta por las empresas manufactureras.
- Riesgo de sobrecalentamiento en el caso de los tubos evacuados.
- Corrosión del equipo en varios niveles.
- Mala calidad y diámetros erróneos de las tuberías.
- Mezcla de válvulas y demás dispositivos faltantes.
- Los reclamos de los usuarios finales se hicieron cada vez más frecuentes

La situación era difícil de controlar pues no había una actualización de las normas comparadas con los nuevos estándares europeos, no se contaba con laboratorios de prueba acreditados, la aparición de nuevas tecnologías como los colectores de tubos evacuados que no eran apropiados para climas muy cálidos y provocaban accidentes a los usuarios y la no existencia de un filtro de calidad que proporcionara un control de los sistemas que se comercializaban. Por consecuencia, el aspecto financiero no era suficiente para sostener el programa y su promoción. El desarrollo y supervivencia del programa necesitaba otra dimensión, calidad.

El programa Prosol II en Tunisia adoptó un sello llamado “**Solar Keymark**” que es una marca desarrollada por el Comité Europeo de Estandarización (CERN) en colaboración con la Federación Europea de la Industria Solar Térmica (ESTIF) y que dicta si el CSA está diseñado y manufacturado de acuerdo a los estándares internacionales. El plan maestro de SK se basa en los siguientes puntos:

- Los estándares europeos fueron adoptados.
- Laboratorios de pruebas fueron acreditados.
- Cuerpos de certificación fueron acreditados.
- Fue adoptado un esquema de reglas.
- Entrenamiento a los principales productores dispuestos a conseguir el sello en sus productos.

**Tabla 27: Normas Europeas adoptadas para el sello Solar Keymark**

Norma	Descripción
NT EN 12975 – 1 y 2	Sistemas solares térmicos y componentes Colectores solares Parte 1: Requisitos generales Parte 2: Métodos de ensayo
NT EN 12976 – 1 y 2	Sistemas solares térmicos y sus componentes Sistemas prefabricados Parte 1: Requisitos generales Parte 2: Métodos de ensayo
NT EN 12977 – 1 – 2 y 3	Sistemas solares térmicos y sus componentes Sistemas a la medida Parte 1: Requisitos generales Parte 2: Métodos de ensayo Parte 3: Caracterización del rendimiento

Fuente: Inter solar (2010)

### Laboratorios

La acreditación de los laboratorios de pruebas se llevó a cabo con la cooperación del CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) el cual es un organismo dependiente del Ministerio de Ecología Francés que fue creado en 1947 y cuya misión es asesorar empresas en el ámbito de la seguridad ambiental, eficiencia energética y energías renovables.

Los laboratorios acreditados para el programa fueron los siguientes:

- Centro Técnico de Materiales de Construcción, Cerámica y Vidrio (CTMCCV)
- Parque de Ciencia y Tecnología Borj-Cedria

El CSTB ha prestado apoyo técnico a las autoridades tunecinas en el diseño, dimensionamiento, implantación y operación de estos laboratorios a través de la validación de los resultados. Para la obtención de la certificación de un laboratorio se sigue un proceso que consta de las siguientes fases: normalización, desarrollo de bancos de pruebas y la formación.

**Tabla 28: Proceso de certificación para laboratorios**

Fase	Características
	Comprendió el suministro de apoyo técnico para la preparación y aplicación del producto y las normas de ensayo de las instalaciones de energía solar térmica basado en normas francesas y europeas.

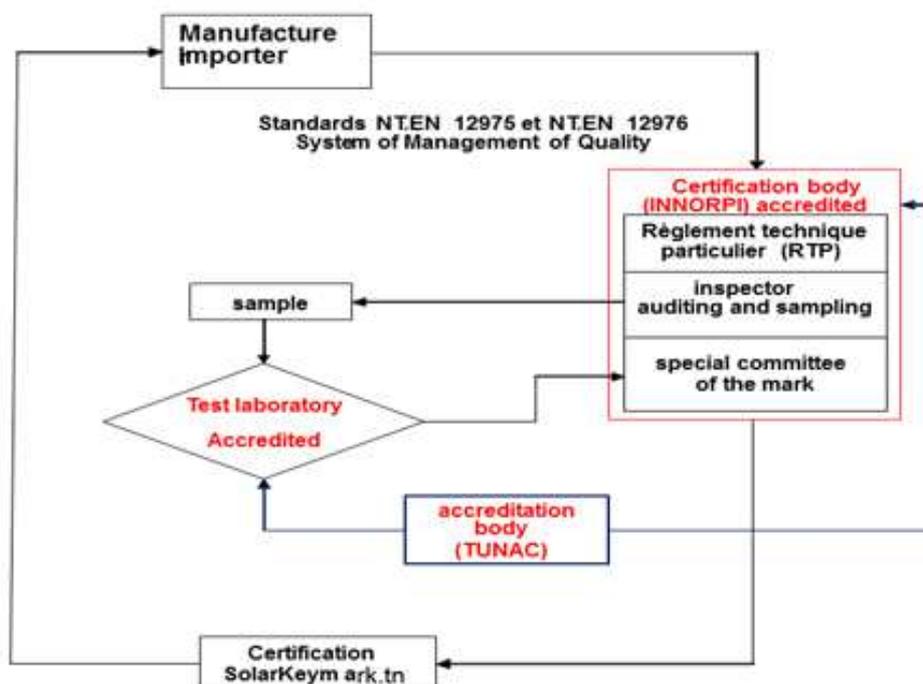
<b>Normalización</b>	El objetivo de esta estandarización es promover los intercambios económicos entre los países mediante la aplicación de la documentación de referencia común a análisis.
<b>Desarrollo de banco de pruebas</b>	Los equipos para realizar los ensayos fueron adquiridos con dinero del gobierno de Tunisia y las pruebas adquiridas de las normas europeas y francesas.
<b>Formación</b>	Personal de los laboratorios fueron capacitados en los procedimientos de ensayo y en el enfoque de calidad requerido.

Fuente: <http://www.cstb.fr>

Existen dos organizaciones clave en el desarrollo de la acreditación y la certificación: El INNORPI y el TUNAC.

- INNORPI: Instituto Nacional de la Normalización y de la Propiedad Industrial; Es el único cuerpo de certificación autorizado en Tunisia.
- TUNAC: Consejo de Acreditación de Tunisia; El único cuerpo de acreditación autorizado, sirve de enlace con la Cooperación Europea para la Acreditación (EA) y El Laboratorio de Cooperación Internacional de Acreditación (ILAC).

**Figura 15: Acreditación Solar Keymark**



Fuente: Inter Solar (2010)

## 6.2 Instalación

### 6.2.1 Ayuda de impuestos para instalaciones solares térmicas (Chile)

El gobierno chileno, a través de la Comisión Nacional de Energía, puso en marcha su programa de ayuda de impuestos para instalaciones solares térmicas con una buena planeación tanto en la parte de sistemas como en la parte de instalación. En cuanto a la calidad de la instalación, el desarrollador del complejo deberá de entregar al municipio y al propietario final junto con su sistema de calentamiento solar de agua, una memoria de cálculo que consta de tres partes: Antecedentes generales del proyecto, memoria técnica del CSA y documentos adjuntos a la memoria.

La primer parte de antecedentes generales del proyecto deberá de contar con la siguiente información:

- Datos de la empresa constructora
- Datos del representante legal de la empresa constructora
- Datos de la empresa inmobiliaria
- Datos del representante legal de la empresa inmobiliaria
- Datos de la empresa instaladora o instalador
- Datos del representante legal de la empresa instaladora
- Antecedentes del proyecto
- Número de dormitorios

La parte que interesa para este capítulo es el segundo criterio de la documentación: memoria técnica del CSA, pues se deberá de entregar al usuario final y al municipio un checklist con la información detallada de la instalación del CSA, dicho checklist deberá de contener los puntos que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 29: Memoria técnica del CSA**

Apartado	Sistema/Subsistema	Características
<b>Información para el diseño</b>	Zona climática	
	Contribución solar mínima exigida	
	Ángulo de inclinación de colectores	
	Ángulo Azimut de colectores	
	Temperatura mínima histórica medida en el sitio del proyecto	
	Temperatura máxima histórica medida en el sitio del proyecto	
	Pérdidas por sombras	
	Consumo de ACS, a temperatura de referencia de 45[°C]	

	Temperatura de acumulación	
	Demanda Energía para la Producción de ACS, a temperatura de referencia de 45[°C]	
	Energía útil aportada por el sistema solar	
	Contribución solar del SST calculada	
	Subsistema de captación	Modelo del Colector
		Nº de serie de los CST
		Tipo de Colector
		Superficie Abertura del Colector
		Número de Colectores
		Factor pérdidas Uloss
	Subsistema de acumulación	Modelo del Acumulador
		Nº de serie Acumuladores
		Nº de acumuladores
		Volumen (capacidad)
		Volumen por [m <sup>2</sup> ] de área de abertura total de colector
		Tipo de Certificación del Acumulador
		Diámetro
		Tipo de Aislante
		Espesor aislante
		Sistema de prevención contra la legionelosis
		Material acumulador
		Temperatura máxima de Trabajo
		Presión Máxima de Trabajo
Peso en Vacío		
Altura Total		

<b>Información técnica del Sistema Solar Térmico</b>		Conductividad térmica del aislante
	Subsistema intercambio circuito primario	Intercambiador Interno
		Tipo de intercambiador
		Área de intercambio
		Relación Área intercambio / Área abertura de captación
		Potencia de Intercambio
		Eficiencia térmica del intercambiador
		Circuito primario de energía
	Altura manométrica nominal	
	Potencia eléctrica absorbida por la bomba	
	Tipo de fluido de trabajo Circuito Primario	
	Composición de fluido de trabajo de circuito primario	
	Rango de temperaturas y presiones para los cuales es estable el fluido de trabajo	
	Tipo de Tubería (Cobre, Acero inoxidable, otros)	
	Material Aislación	
	Conductividad aislante	
	Espesor	
	Protección Exterior de la aislación	
	Vida útil del fluido de trabajo	
	Método de protección anti-heladas	
Presión de llenado del circuito primario		
Presión nominal máxima		

	Subsistema de expansión del circuito primario	circuito primario
		Presión de tara de válvula de seguridad
		Temperatura máxima circuito primario
		Volumen total circuito primario
		Volumen de fluido a expandir
		Volumen del vaso de expansión
	Circuito secundario	Caudal Nominal
		Altura manométrica nominal
		Potencia eléctrica absorbida por la bomba
		Tipo de Líquido Circuito Primario
		Composición de líquido de circuito primario
		Tipo de Tubería (Cobre, Acero inoxidable, otros)
		Material Aislación
		Conductividad aislante
		Espesor
		Protección Exterior de la aislación
	Subsistema de expansión circuito secundario	Presión Inicial vaso expansión
		Presión de llenado del circuito primario
		Presión nominal máxima circuito primario
		Presión de tara de válvula digital
		Temperatura máxima circuito primario
Vaso de Expansión (Abierto/Cerrado)		

		Volumen total circuito primario
		Volumen de fluido a expansionar
		Volumen del vaso de expansión
	Sistema auxiliar de energía	Equipo
		Marca
		Modelo
		Potencia
		Características
		Energía utilizada

Fuente: CNE (2010). Reglamento sistemas solares térmicos. Chile

Además de la tabla anterior, en el Reglamento de Sistemas Solares Térmicos que fue lanzado junto con el programa, vienen especificados perfectamente los aspectos y criterios de la instalación. En general, los aspectos y criterios que menciona el reglamento son los siguientes:

- Conexiones entre los Colectores Solares Térmicos (serie, paralelo o serie/paralelo)
- Estructura soporte
- Subsistema de acumulación solar
- Conexiones de los acumuladores
- Subsistema de intercambio de calor
- Circuito hidráulico
  - Circuito hidráulico
  - Tuberías
  - Bombas
  - Sistema de expansión
  - Purga de aire
  - Drenaje
- Subsistema de control
- Subsistema de medida en instalaciones mayores de 50 [m<sup>2</sup>]
- Pruebas, puesta en marcha y recepción
- Plan de mantenimiento

## 6.2.2 Prosol II (Tunisia)

El programa Prosol II implementó su sello Solar Keymark para medir la calidad en el producto de un sistema de calentamiento solar, pero aún tenían un problema, la instalación. Era necesario cuidar la calidad en la instalación que forma parte de la calidad del propio producto. Por ello implementó el sello Qualisol, una marca dirigida a instaladores que quisieran certificarse para obtener conocimientos específicos sobre instalaciones solares térmicas.

### Problemática

- Una gran mayoría de instaladores no tenían los conocimientos mínimos básicos sobre CSA y habían sido formados sin la preparación requerida.
- Los instaladores eran entrenados por los proveedores de sistemas y éstos no ponían el interés necesario en las calificaciones de sus instaladores.
- Los nuevos proveedores no tenían ni tiempo ni los medios para realizar la capacitación necesaria.
- Los centros de formación profesional no estaban preparados para realizar la misión.

### Características del sello

Es un sello asignado para los instaladores que han recibido una educación específica sobre instalaciones solares. El sello Qualisol se basa en un plan maestro de 4 puntos que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 30: Etapas para asignar sello Qualisol**

<b>Etapas</b>	<b>Características</b>
<b>Qualisol Chart</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se desglosa un documento con las buenas prácticas en 10 puntos.</li> <li>• Los instaladores se comprometen a firmar un compromiso de calidad antes de poder ser declarados instaladores Qualisol.</li> </ul>
<b>Manual de reglas y procedimientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Términos y condiciones de afiliación</li> <li>• Nivel requerido de las calificaciones</li> </ul>
<b>Programa de entrenamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aplica un examen a todos los instaladores que se encuentran operando</li> <li>• La calificación está certificada por un comité de admisión dependiente del Prosol.</li> <li>• Sólo los instaladores que acrediten el examen podrán continuar con el procedimiento.</li> <li>• Firma de la carta compromiso de calidad</li> <li>• Se otorga el logo Qualisol</li> <li>• El logo se colocará en la parte frontal de su establecimiento mercantil.</li> </ul>
<b>Auditorías y sanciones</b>	<p>Definición de niveles de calidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfactorio</li> <li>• Defectos menores</li> <li>• No funcional</li> </ul> <p>Las sanciones podrían dar lugar a retirar el sello Qualisol.</p>

Fuente: Inter Solar (2010)

El curso tiene una duración de dos días y medio y consta de un libro de texto y un software que trata sobre la energía solar. Los temas que se tratan a lo largo del curso se muestran a continuación:

Prerrequisitos para curso

- Certificado de secundaria
- Ser experto en plomería
- Ser capaz de realizar cálculos aritméticos simples

Libro de texto

Catálogo de diseño solar

Materiales para el curso

Notas especialmente preparadas se dan al momento de clases.

Evaluación

Después de tomar el curso los individuos tendrán que hacer un examen de calificación con duración de 2 horas. Esta es solo una preparación para el examen Qualisol.

Materiales que se tienen que llevar a curso

- Voltímetro
- Calculadora científica
- Caja de herramientas de plomería
- Computadora portátil (opcional)

El curso consta del siguiente programa:

**Tabla 31: Curso para instaladores Qualisol**

Día 1
<b>Mañana</b>
Introducción
Información general de energía solar (1[h])
<ul style="list-style-type: none"><li>• Introducción a los diferentes tipos de sistemas de energía solar</li><li>• Varios tipos de sistemas solares térmicos</li></ul>
Sol Básico (2[h])
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ruta del sol</li><li>• Encontrar mediodía solar</li><li>• ¿Qué es sol pleno?</li><li>• ¿Cuánto se recibe en sol pleno?</li><li>• Mejor ubicación para colectores solares</li><li>• Sombras</li><li>• Efectos de la instalación desde el sur geográfico</li><li>• Ángulos de inclinación</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión de unidades térmicas</li> </ul>
<b>Tarde</b>
<p>Dimensionamiento del sistema (1.5 [h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamiento de un CSA para distintos usos</li> <li>• Comprender las especificaciones del colector</li> <li>• Bases de datos para estimar el rendimiento del sistema</li> <li>• Aprender a hacer cálculos con la hoja de cálculo</li> </ul> <p>Diseño del sistema (2.5 [h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema de circuito cerrado es mejor para climas con ciclos hielo-deshielo</li> <li>• Componentes del sistema</li> <li>• Montaje del colector</li> <li>• Intercambiadores de calor</li> <li>• Número de colectores</li> <li>• Termotanque de almacenamiento de agua</li> <li>• Tamaño del termotanque para el número de colectores</li> <li>• Tamaño de la bomba</li> <li>• Función de diversas válvulas y medidores</li> <li>• Anticongelantes</li> <li>• Controladores</li> <li>• Tipos de tuberías</li> </ul>
<b>Día 2</b>
<b>Mañana</b>
<p>Códigos de edificación y leyes de zona (1[h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitud de permisos de construcción</li> <li>• Trabajar con los inspectores y códigos locales</li> <li>• Trabajar con tablas de arquitectura</li> </ul> <p>Montaje final (2[h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El propósito es enseñar a instalar mangueras, válvulas, calibrador de temperatura, vaso de expansión, bomba, ventilación de aire, válvula de alivio de presión. Se trabaja en grupos de 3 ó 4, cada grupo toma su propia organización. Se toma especial énfasis en el procedimiento de soldar.</li> </ul>
<b>Tarde</b>
<p>Fontanería y calefacción (1 [h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se platica con un plomero especializado que enseña las cuestiones de códigos de plomería. Algunas cuestiones del código eléctrico también son cubiertas.</li> </ul> <p>Consideraciones mecánicas del montaje (1[h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo de carga por vientos</li> <li>• Evaluación de la integridad del techo debido al peso de los colectores y la carga del viento.</li> <li>• Propiedades de materiales de acero y aluminio.</li> </ul> <p>Cuestiones de seguridad (1[h])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en tejados</li> <li>• Directrices</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Escaleras, andamios de seguridad</li><li>• Otras cuestiones de seguridad</li></ul> <p>Venta de energía solar (1[h])</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Buenas prácticas de negocios</li><li>• Economía solar del agua caliente</li><li>• Ventas técnicas</li><li>• Cuestiones de estética</li></ul>
<b>Día 3</b>
<p>Revisión</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Proceso de principio a fin para instalar un sistema de calentamiento solar residencial.</li><li>• Preguntas y respuestas</li></ul> <p>Examen</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Supervisado, a libro abierto y con límite de 2 horas.</li></ul>

Fuente: Inter Solar (2010)

## 7 Aplicabilidad de las Prácticas Internacionales a la Hipoteca Verde en México

Entre la variedad de ecotecnologías con las que cuenta el programa de *hipoteca verde* en México se encuentra la de Vivienda con techos solares, cuyo nombre del programa se define como *25 mil techos solares*. Un programa que otorgará 25 mil subsidios para apoyar con una parte del costo del calentador solar de agua a derechohabientes del Infonavit. El mencionado programa tiene una duración de 2 años, de junio de 2010 a junio de 2012. El propósito del subsidio es disminuir el costo de los sistemas, y con ello, eliminar una de las principales barreras que impiden el uso de la tecnología y promover que el derechohabiente adquiera una vivienda ecológica con calentador solar de agua. Con ello, se busca que las familias que adquieran un sistema reduzcan su consumo de gas hasta en un 75% y por consiguiente, contribuyan a proteger el medio ambiente y generen ahorro en su economía.

Por la subsistencia del programa mismo, es de vital importancia contar con mecanismos para asegurar la calidad tanto en los sistemas como en la instalación de CSA y las experiencias internacionales ayudan en gran manera como una guía para saber las buenas costumbres que se pueden aplicar a la *hipoteca verde*.

Por lo aprendido en el programa *Prosol II* de Tunisia, es importante contar con sellos de calidad que nos aseguren un buen funcionamiento en los sistemas y una correcta instalación, con laboratorios acreditados para realizar ensayos y medir la calidad en los sistemas. En México existen Institutos de Ingeniería tanto en universidades públicas como privadas, que con un buen equipamiento pueden servir como centros de pruebas, como es el caso del parque de Ciencia y Tecnología Borj-Cedria, en Tunisia. Por lo que respecta a la instalación de los equipos, es necesario el desarrollo de un sello parecido al *Qualisol*, con instaladores acreditados que tengan una preparación adecuada y una actualización constante con fechas de vencimiento para realizar nuevas pruebas y obtener calificaciones para medir su aprendizaje. Las escuelas técnicas de México pueden ser un semillero de personas interesadas en acreditarse como instaladores y así obtener una fuente de ingresos propia y duradera. La creación de cuerpos de acreditación y certificación es necesaria.

Un aspecto importante en el programa es contar con un organismo que certifique en realidad los sistemas del CSA con pruebas que sean realizables en los laboratorios destinados para ello y que detenga a los sistemas que no sean capaces de soportar ensayos como por ejemplo el tan mencionado tema de *cómo manejar la presión* en los sistemas. Para ello es necesario adoptar normas internacionales como las europeas, que se encuentran perfectamente estipuladas y no existen huecos entre ellas y que especifiquen exactamente los requerimientos en los sistemas, en las instalaciones y en los ensayos, así como en algún momento del programa quitar el estatus de normas voluntarias por normas oficiales, es difícil, pero posible.

La difusión del programa es otro aspecto de gran relevancia y la difusión de la tecnología aún más, pues México es un país que se encuentra en apertura a las energías renovables y existe una gran cantidad de población que no sabe acerca de las tecnologías existentes ni de los programas que las aplican. La creación de páginas de internet, la difusión en radio y televisión, la publicidad en trípticos y revistas, así como centros de información en escuelas, son modos de hacer llegar la información a la gente deseosa de poder ayudar a la economía del país, el surgimiento de fuentes alternas de energía, el surgimiento de una cultura de ahorro y uso eficiente de la energía y la protección al medio ambiente para minimizar los resultados adversos.



## **8 Conclusiones**

### **8.1 Resumen de los resultados**

El estudio para poder determinar la calidad en los CSA muestra que se deben de tener en cuenta una serie de dimensiones, aspectos y criterios necesarios para garantizar una buena elección en los sistemas y una buena instalación de los mismos, pues para el éxito de la tecnología, es necesario avalar de alguna manera lo que se realiza y también una parte muy importante para el usuario final, saber que es de buena calidad por lo que se está pagando.

El dimensionamiento del sistema es también una parte fundamental al adquirir un CSA, pues mucho dependerá de los usos y costumbres de los usuarios. Además se deben de tener en cuenta factores como la zona climática donde será instalado, la demanda de ACS y el material con el que está hecho el sistema, factores que llevarán al transcurrir del tiempo a la conclusión de si la tecnología logró sus objetivos o si no se hizo lo correcto para aplicarla.

Las experiencias internacionales arrojan resultados favorables en el desarrollo de sellos para sistemas y para instalaciones, además de la correcta capacitación de instaladores y la implantación de laboratorios perfectamente equipados y acreditados para realizar ensayos de prueba y medir la calidad de los sistemas. Muestran una marcada tendencia a adoptar normas europeas para su aplicabilidad en los programas.

México cuenta con un potencial enorme en cuanto a energías renovables se refiere y por consecuencia con grandes oportunidades en distintos rubros productivos, desde las empresas que se dedican a manufacturar equipos de calentamiento solar, pasando por personal técnico que puede certificarse como instalador de sistemas de calentamiento solar de agua, hasta empresas de asesoría dispuestas a usar su material humano y tecnológico para sobrellevar el transcurrir de los diferentes programas existentes.

### **8.2 Recomendaciones para asegurar la calidad en los CSA**

Es necesario empezar por llenar el marco normativo incompleto, pues es la base de todo proyecto y en México no se encuentra bien regulado. Es de suma importancia crear cuerpos de certificación que no permitan calificar sistemas con errores de manufactura o de operación y que pongan un muy especial énfasis en la garantía que ofrecen los proveedores y en los términos que la ceden, pues existen barreras para hacer válida la garantía y muchas condicionantes.

Es recomendable iniciar con la formación técnica de personal capacitado para la instalación de los sistemas, pues mucha de la problemática que se vive hoy en día en México sobre la mala calidad en los CSA se deben a una pésima instalación que lleva al deterioro de los equipos y una mala imagen de la tecnología.

Finalmente, es necesario hacer saber a la gente la importancia de usar energías renovables para contribuir con el desarrollo del país y con la protección al medio ambiente. Fomentar el uso de energías alternativas para desarrollar las actividades que cotidianamente se hacen y no estar peleados con el surgimiento de tecnologías nuevas. No tener miedo al cambio.



## Anexo 1: Balance de energía en el CSA

El balance de energía tiene como objetivo determinar el calor útil transmitido al agua para establecer la eficiencia del calentador solar. El calor útil  $q_{\text{útil}}$ , empleado para calentar el agua del termotanque, es una parte de la radiación global incidente sobre el colector solar  $H_T A_e$ ; la otra parte es calor disipado al ambiente: i) por el colector solar  $q_{cs}$ , ii) por el termotanque  $q_{da}$  y iii) por las conexiones  $q_{cx}$ .

El balance de energía se expresa analíticamente de la siguiente forma:

$$H_T A_e = q_{\text{útil}} + q_{cs} + q_{da} + q_{cx} \quad (A1 - 1)$$

El calor útil introducido en la ecuación 1 está representado por el flujo de agua  $\dot{m}$  en el calentador y las temperaturas de entrada y salida del termotanque  $T_{fe}$ ,  $T_{fs}$ .

$$q_{\text{útil}} = \dot{m} C_p (T_{fe} - T_{fs}) \quad (A1 - 2)$$

Donde:

$C_p$  = capacidad calorífica del agua

La eficiencia del calentador se define, entonces, como el porcentaje de la radiación solar global incidente sobre la superficie efectiva del colector y que es aprovechado como calor útil.

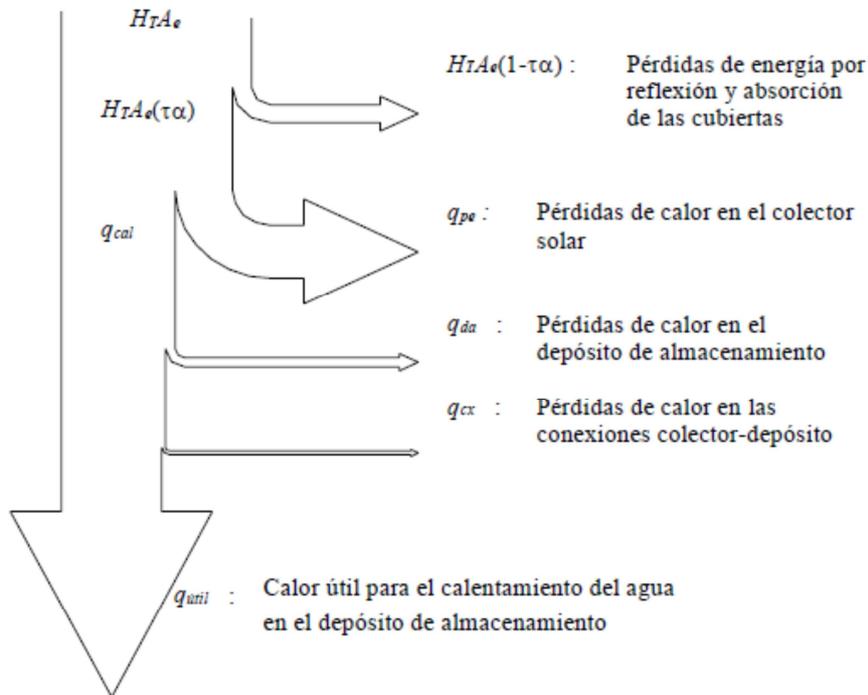
$$\eta_c = \frac{\text{calor aprovechado}}{\text{radiación solar incidente}}$$

$$\eta_c = \frac{q_{\text{útil}}}{H_T A_e} \quad (A1 - 3)$$

En la práctica la eficiencia se determina experimentalmente en un intervalo finito de tiempo; para fines de diseño el período de evaluación  $t$  puede ser de un día o un tiempo mayor. Así, los valores puntuales obtenidos durante el periodo de evaluación son integrados mediante la siguiente ecuación:

$$\eta_c = \frac{\int_0^t q_{\text{útil}} dt}{\int_0^t H_T A_e dt} \quad (A1 - 4)$$

Figura 16: Diagrama del balance de energía en un CSA



Fuente: OPS, CEPIS, UNATSABAR, Teoría para el diseño de Calentadores Solares de Agua, Lima 2003

## Pérdidas

### Pérdidas de calor en el termotanque y las conexiones

#### Termotanque

Las pérdidas de calor en un termotanque se expresan como:

$$q_{da} = U_{da} A_{da} (\bar{T}_{fda} - T_a) \quad (A1 - 5)$$

Donde:

$U_{da}$  = Coeficiente global de pérdidas de calor en el termotanque

$A_{da}$  = Área externa del termotanque

$\bar{T}_{fda}$  = Temperatura promedio del agua dentro del termotanque

#### Conexiones

El balance de energía en las conexiones se divide en pérdidas en la conexión de agua fría y en la conexión de agua caliente, como sigue:

$$q_{cx} = U_{cx} A_{cx} (\bar{T}_{fcx} - T_a) \quad (A1 - 6)$$

Donde:

$$\begin{aligned} U_{cx} &= \text{Coeficiente global de pérdidas de calor en las conexiones} \\ A_{cx} &= \text{Área externa de las conexiones} \\ T_{fcx} &= \text{Temperatura promedio del agua dentro de las conexiones} \end{aligned}$$

## Pérdidas de carga

Para determinar las pérdidas de carga se determinan el régimen del flujo de agua, la longitud de tubos equivalente  $L_t$  y el coeficiente de fricción del flujo.

El régimen del flujo se determina con el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v_f D_h}{\mu} \quad (A1 - 7)$$

Donde:

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Densidad del fluido} \\ v_f &= \text{Velocidad del agua dentro de los tubos} \\ D_h &= \text{Diámetro hidráulico} \\ \mu &= \text{Viscosidad absoluta} \end{aligned}$$

Por lo general, el régimen del flujo de agua es laminar, por lo que el coeficiente de fricción  $f$  se determina de la siguiente manera:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (A1 - 8)$$

La longitud de tubos equivalentes  $L_t$  se determina mediante la siguiente ecuación:

$$L_t = L + \frac{h_1}{\text{sen } \alpha_2} + \frac{h_3 + h_4}{\text{sen } \alpha_1} \quad (A1 - 9)$$

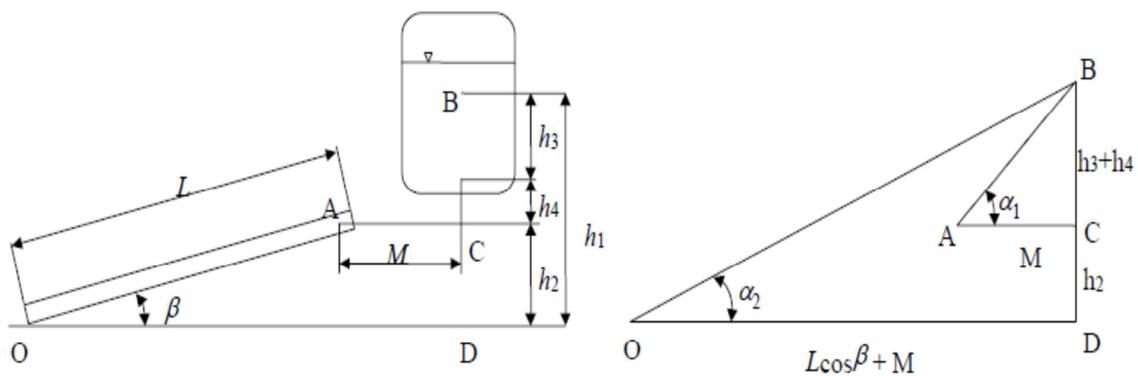
Finalmente, las pérdidas de carga se determinan por:

$$h_p = \frac{L_t \times f \times v_f^2}{2 \times D_h \times g} \quad (A1 - 10)$$

Para determinar la velocidad del agua en un calentador solar de circulación natural se requiere un cálculo iterativo, por lo cual se asume una velocidad del agua en el colector solar, luego, se determina la presión de circulación natural y las pérdidas de carga, finalmente se calcula la velocidad del agua, hasta que el valor asumido coincida con el valor calculado.

## Ubicación del termotanque respecto al colector solar

Figura 17: Ubicación del termotanque respecto al colector solar



Fuente: OPS, CEPIS, UNATSABAR, Teoría para el diseño de Calentadores Solares de Agua, Lima 2003

En la figura se muestra la disposición de las entradas y salidas de agua tanto en el colector como en el termotanque, así como las alturas o niveles en que se encuentran ubicadas dichas entradas y salidas. A partir de esta figura, se definen los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = \arctang\left(\frac{h_3 + h_4}{M}\right) \quad (A1 - 11)$$

$$\alpha_2 = \arctang\left(\frac{h_1}{L \cos \beta + M}\right) \quad (A1 - 12)$$

## Memoria de cálculo para el balance de energía en el CSA

Definición de las ecuaciones presentadas en el anexo:

$$(A1 - 1) \quad H_T A_e = q_{\text{útil}} + q_{cs} + q_{da} + q_{cx}$$

$H_T A_e$  = Radiación global incidente sobre el colector  
 $q_{\text{útil}}$  = Calor útil para calentar el agua del termotanque  
 $q_{cs}$  = Calor disipado al ambiente por colector  
 $q_{da}$  = Calor disipado al ambiente por termotanque  
 $q_{cx}$  = Calor disipado al ambiente por conexiones

$$(A1 - 2) \quad q_{\text{útil}} = \dot{m} C_p (T_{fe} - T_{fs})$$

$q_{\text{útil}}$  = Calor útil para calentar el agua del termotanque  
 $\dot{m}$  = Flujo de agua en el calentador  
 $C_p$  = Capacidad calorífica del agua  
 $T_{fe}$  = Temperatura del agua a la entrada de termotanque  
 $T_{fs}$  = Temperatura de agua a la salida de termotanque

$$(A1 - 3) \quad \eta_c = \frac{q_{\text{útil}}}{H_T A_e}$$

$\eta_c$  = Eficiencia del calentador  
 $q_{\text{útil}}$  = Calor útil para calentar el agua del termotanque  
 $H_T A_e$  = Radiación global incidente sobre el colector

En un intervalo finito de tiempo:

$$(A1 - 4) \quad \eta_c = \frac{\int_0^t q_{\text{útil}} dt}{\int_0^t H_T A_e dt}$$

$\eta_c$  = Eficiencia del calentador  
 $q_{\text{útil}}$  = Calor útil para calentar el agua del termotanque  
 $H_T A_e$  = Radiación global incidente sobre el colector

$$(A1 - 5) \quad q_{da} = U_{da} A_{da} (\bar{T}_{fda} - T_a)$$

$q_{da}$  = Pérdidas de calor en el termotanque  
 $U_{da}$  = Coeficiente global de pérdidas de calor en el termotanque  
 $A_{da}$  = Área externa del termotanque  
 $\bar{T}_{fda}$  = Temperatura del agua promedio dentro del termotanque  
 $T_a$  = Temperatura ambiente

$$(A1 - 6) \quad q_{cx} = U_{cx} A_{cx} (\bar{T}_{fcx} - T_a)$$

$q_{cx}$  = Pérdidas de calor en las conexiones  
 $U_{cx}$  = Coeficiente global de pérdidas de calor en conexiones  
 $A_{cx}$  = Área externa de las conexiones  
 $\bar{T}_{fcx}$  = Temperatura del agua promedio en las conexiones  
 $T_a$  = Temperatura ambiente

$$(A1 - 7) \quad Re = \frac{\rho v_f D_h}{\mu}$$

$Re$  = Régimen del flujo  
 $\rho$  = Densidad del fluido  
 $v_f$  = Velocidad del agua dentro de los tubos  
 $D_h$  = Diámetro hidráulico  
 $\mu$  = Viscosidad absoluta

$$(A1 - 8) \quad f = \frac{64}{Re}$$

$f$  = Coeficiente de fricción  
 $Re$  = Régimen del flujo

$$(A1 - 9) \quad L_t = L + \frac{h_1}{\text{sen } \alpha_2} + \frac{h_3 + h_4}{\text{sen } \alpha_1}$$

$L_t$ = Longitud de tubos equivalentes  
 $L$  = Longitud del colector  
 $h_1$ = Distancia vertical de la base del colector a la entrada de agua caliente del depósito  
 $h_3$ = Distancia vertical de la salida de agua fría del depósito a la entrada de agua caliente del depósito de almacenamiento  
 $h_4$ = Distancia vertical de la salida de agua caliente del colector a la salida de agua fría del depósito de almacenamiento  
 $\alpha_1$ = Ángulo de elevación relativa del depósito de almacenamiento, respecto de la salida de agua caliente del colector y la entrada de agua caliente del depósito  
 $\alpha_2$ = Ángulo de elevación relativa del depósito de almacenamiento, respecto de la entrada de agua fría del colector y la entrada de agua caliente del depósito

$$(A1 - 10) \quad h_p = \frac{L_t \times f \times v_f^2}{2 \times D_h \times g}$$

$h_p$ = Pérdidas de carga  
 $L_t$  = Longitud de tubos equivalentes  
 $f$ = Coeficiente de fricción  
 $v_f$ = Velocidad del agua dentro de los tubos  
 $D_h$ = Diámetro hidráulico  
 $g$ = gravedad

$$(A1 - 11) \quad \alpha_1 = \arctang\left(\frac{h_3 + h_4}{M}\right)$$

$\alpha_1$ = Ángulo de elevación relativa del depósito de almacenamiento, respecto de la salida de agua caliente del colector y la entrada de agua caliente del depósito  
 $h_3$ = Distancia vertical de la salida de agua fría del depósito a la entrada de agua caliente del depósito de almacenamiento  
 $h_4$ = Distancia vertical de la salida de agua caliente del colector a la salida de agua fría del depósito de almacenamiento  
 $M$ = Distancia horizontal entre la salida de agua fría del depósito de almacenamiento y la salida de agua caliente del colector

$$(A1 - 12) \quad \alpha_2 = \arctang\left(\frac{h_1}{L \cos \beta + M}\right)$$

$\alpha_2$ = Ángulo de elevación relativa del depósito de almacenamiento, respecto de la entrada de agua fría del colector y la entrada de agua caliente del depósito  
 $h_1$ = Distancia vertical de la base del colector a la entrada de agua caliente del depósito  
 $\beta$ = Ángulo de inclinación del colector  
 $M$ = Distancia horizontal entre la salida de agua fría del depósito de almacenamiento y la salida de agua caliente del colector

## Anexo 2: Insolación global en México

Tabla 32: Irradiación global media en la República Mexicana en  $\left[\frac{KWh}{m^2 \text{ día}}\right]$

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med	Langley
Aguascalientes	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4	4	7.2	5.6	483.8
Baja California Sur	La Paz	4.4	5.5	6	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7	492.5
Baja California	Mexicali	4.1	4.4	5	5.6	6.6	7.3	7	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5	475.2
Baja California	San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5	475.2
Baja California Sur	S. José del Cabo	5	5.6	5.8	5.9	6.9	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7	492.5
Campeche	Campeche	4.8	5.7	6	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5	4.3	4.4	6	5.2	449.3
Chiapas	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4	466.6
Chiapas	Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5	388.8
Chiapas	San Cristóbal	4	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5	388.8
Chiapas	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7	406.1
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7	406.1
Chihuahua	Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6	5.2	5.3	8.9	5.9	509.8
Chihuahua	Guachochi	3.3	3.5	3.9	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4	553
Chihuahua	Cd. Juárez	6	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7	578.9
Coahuila	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5	388.8
Coahuila	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8	414.7
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6	5.2	4.9	5	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6	4.9	423.4
D.F.	Tacubaya	5.4	6	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3	457.9

Criterios de calidad en los sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial mexicano  
Anexo 1

<b>Durango</b>	Durango	4.4	5.4	6.5	7	7.5	6.8	6	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7	492.5
<b>Guanajuato</b>	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6	6	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6	483.8
<b>Guerrero</b>	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5	4.7	4.7	6.1	5.3	457.9
<b>Guerrero</b>	Aguas Blancas	5.8	5.9	6	5.8	5.8	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6	5.7	492.5
<b>Guerrero</b>	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7	406.1
<b>Hidalgo</b>	Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4	466.6
<b>Jalisco</b>	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9	509.8
<b>Jalisco</b>	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4	4	7.7	5.6	483.8
<b>Jalisco</b>	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5	4.7	4	4	7.2	5.5	475.2
<b>Jalisco</b>	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6	5.5	475.2
<b>México</b>	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1	440.6
<b>Michoacán</b>	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9	423.4
<b>Nayarit</b>	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4	4.8	3.9	6.1	4.8	414.7
<b>Nuevo León</b>	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5	3.8	3.3	3	3	6.1	4.4	380.2
<b>Oaxaca</b>	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6	5.4	5.9	5.6	5	4.9	4.8	4.4	4.4	6	5.3	457.9
<b>Oaxaca</b>	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5	6.6	5.8	501.1
<b>Puebla</b>	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5	475.2
<b>Querétaro</b>	Querétaro	5	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5	4.4	4.4	6.9	5.9	509.8
<b>QuintanaRoo</b>	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5	4.5	4.4	4	3.7	3.7	5.7	4.7	406.1
<b>QuintanaRoo</b>	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4	3.8	3.8	5.7	4.7	406.1
<b>San Luis Potosí</b>	Río Verde	3.6	4	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7	406.1
<b>San Luis Potosí</b>	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4	466.6
<b>Sinaloa</b>	Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9	423.4
<b>Sinaloa</b>	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4	466.6
<b>Sinaloa</b>	Mazatlan	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9	423.4
<b>Sonora</b>	Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6	5.2	5.3	7.26	6.5	561.6

<b>Sonora</b>	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6	518.4
<b>Sonora</b>	Hermosillo	4	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6	4.7	3.9	3.9	8.6	6	518.4
<b>Tamaulipas</b>	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6	397.4
<b>Tamaulipas</b>	Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5	388.8
<b>Tlaxcala</b>	Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4	4	5.6	5.1	440.6
<b>Veracruz</b>	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7	319.7
<b>Veracruz</b>	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5	4.4	3.7	3.3	3	3	5	4	345.6
<b>Veracruz</b>	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6	397.4
<b>Yucatán</b>	Mérida	3.7	4	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7	406.1
<b>Yucatán</b>	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5	5	4.4	4	4	5.5	4.9	423.4
<b>Yucatán</b>	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5	388.8
<b>Zacatecas</b>	Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8	501.1

Fuente: CONUEE (2010)

$$\text{Equivalencia: } 1 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] = 86.4 [\text{langley}]^{54}$$

<sup>54</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Langley>

## Bibliografía

- Almanza, Rafael & Muñoz, Felipe (2003). Ingeniería de la Energía Solar. México
- ASIT (2009). Guía ASIT de la Energía Solar Térmica. Septiembre 2009
- BUN-CA (Fundación Red de Energía) (2002). Solar Térmica. Manual Sobre Energía Renovable. San José, Costa Rica.
- CANACINTRA-GTZ-HOPE (2002). Manual del curso-módulo: Instalación de Sistemas Fototérmicos. México
- CEPYME (2006). Guía para las instalaciones interiores de suministro de agua. Prevención de la Legionella. Zaragoza, España
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Secretaría de Energía (SENER), GTZ, ANES, (2007). Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL). México
- [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_630\\_termosolar?page=1](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630_termosolar?page=1), Accesado en Abril 2010
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (2009). Norma Técnica de Competencia Laboral – Instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua. México. Disponible en: [http://www.conocer.gob.mx/Desarrollo/Buscadores\\_Avanzados/pdf/NUSIM005.01.pdf](http://www.conocer.gob.mx/Desarrollo/Buscadores_Avanzados/pdf/NUSIM005.01.pdf)
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT)-Cámara Chilena de la Construcción & Centro Chileno de Promoción del Cobre (PROCOBRE) (2007). Manual de buenas Prácticas para Instalaciones Solares Térmicas. Chile
- Corporación de desarrollo tecnológico (CDT), Cámara Chilena de la Construcción (2007). Sistemas Solares Térmicos. Manual de Diseño para el Calentamiento de Agua. Chile.
- <http://www.cstb.fr>, Accesado en Junio 2010
- <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/Emain.html>, Accesado en Abril 2010
- De Buen, Odón. ¿Por qué en México los Calentadores Solares no son tan comunes como deberían? México.
- Diccionario de la real lengua Española. Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html>, Accesado Abril 2010
- <http://www.energie-solaire.com>, Accesado en Abril 2010
- ENERVALIA, INFONAVIT (2009). Evaluación Hipoteca Verde 2009. Presentación de Power Point
- FUNCOSA (2009). Checklist para Verificadores. Calentador Solar con Colector Plano. Hoja de Cálculo Excel. México
- FUNCOSA (2009). Checklist para Verificadores. Calentador Solar Tubos de Vacío con/sin Vaso de Expansión. Hoja de Cálculo Excel. México
- Gobierno de Chile (2008). Aprueba Reglamento de la Ley No. 20.365, que establece Franquicia Tributaria, Respecto de Sistemas Solares Térmicos. Chile
- Guevara, Sixto (2003). Teoría para el Diseño de Calentadores Solares de Agua. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR). Lima
- GTZ, Secretaría de Energía (SENER), Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) (2006). International Experiences with the Promotion of Water Heaters (SWH) on Household – level. México. Disponible en: [http://www.gtz.de/de/dokumente/en-Internat-Experiences-Promoting-Solar-Water\\_Heaters.pdf](http://www.gtz.de/de/dokumente/en-Internat-Experiences-Promoting-Solar-Water_Heaters.pdf)

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2009). Instalaciones de Energía Solar Térmica. Condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura. Madrid
- NMX-ES-001-NORMEX-2005 (2005). Energía Solar-Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua – Métodos de prueba y etiquetado. México. Disponible en:  
<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7159/1/nmxneso13.pdf>
- NMX-ES-002-NORMEX-2007 (2007). Energía Solar-Definiciones y terminología. México. Disponible en:  
<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7159/1/VOCABULARIOSolar.pdf>
- NMX-ES-003-NORMEX-2007 (2008). Energía Solar-Requerimientos Mínimos para la Instalación de Sistemas Solares Térmicos para calentamiento de Agua. México
- NMX-ES-004-NORMEX-2010 (2010). Energía Solar-Evaluación Térmica de Sistemas Solares para Calentamiento de Agua-Método de Ensayo (Prueba). México
- Paz J. (2006). Colectores Solares Planos-Construcción Vol.2. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología. México
- PROCOBRE (2009). Componentes de las Instalaciones Solares Térmicas. Aplicaciones del cobre. New York, E.U.A. Disponible en:  
[http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones\\_del\\_cobre/energia\\_solar.html](http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones_del_cobre/energia_solar.html)
- PROCOBRE (2009). El Colector Solar de Placa Plana. Aplicaciones del cobre/Energía Solar. New York, E.U.A. Disponible en:  
[http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones\\_del\\_cobre/energia\\_solar.html](http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones_del_cobre/energia_solar.html)
- PROCOBRE (2009). Tipos de Colectores Solares. Aplicaciones del cobre/Energía Solar. New York, E.U.A. Disponible en:  
[http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones\\_del\\_cobre/energia\\_solar.html](http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones_del_cobre/energia_solar.html)
- <http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Literature/Manuals/04/ICPD500E105.pdf>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarserver.de/wissen/sonnenkollektoren-e.html#vak>, Accesado en Mayo 2010
- SOLATERM (2007). Potential Analysis for a New Generation of Solar Thermal Systems in the Southern Mediterranean Countries. SOLATERM Project Report. Disponible en:  
[www.solaterm.eu](http://www.solaterm.eu)
- <http://www.solarthermalworld.org/node/166>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/266>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/267>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/379>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/443>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/629>, Accesado en Mayo 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/697>, Accesado en Junio 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/828>, Accesado en Junio 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/993>, Accesado en Junio 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/1047>, Accesado en Abril 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/1060>, Accesado en Junio 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/1120>, Accesado en Junio 2010
- <http://www.solarthermalworld.org/node/1193>, Accesado en Junio 2010

- UNAM-IPN-Usol & Instalaciones Técnicas Especializadas (2005). Requerimientos Mínimos para la Instalación de Sistemas Solares Térmicos, para Calentamiento de Agua. México
- UNE-EN 12975-1:2006 (2006). Sistemas solares Térmicos y Componentes - Captadores Solares - Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2:2006 (2006). Sistemas Solares Térmicos y Componentes - Captadores Solares – Parte 2: Métodos de Ensayo.
- UNE-EN 12975-2:2006 (2006). Sistemas Solares Térmicos y Componentes – Sistemas prefabricados – Parte 1: Requisitos Generales.
- UNE-EN 12975-2:2006 (2006). Sistemas Solares Térmicos y Componentes – Sistemas Prefabricados – Parte 2: Métodos de Ensayo.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2004). Protección Catódica-Diseño de Ánodos de Sacrificio. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. Lima, Perú
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Langley>, Accesado en Junio 2010

## Anexo 2: Checklist de calidad

Checklist de Calidad				
Delegación del Infonavit: _____ Nombre del desarrollo: _____ Municipio: _____ Zona climática: _____ Desarrollador: _____ No. de viviendas: _____ Fecha de la visita: _____ Hora de la visita: _____ No. de viviendas en el desarrollo: _____ No. viviendas con CSA: _____ No. de viviendas por marca: _____		<b>Datos del Sistema de Calentamiento Solar</b> Fabricante: _____ Modelo: _____ Empresa instaladora: _____ Colector plano (P)/Tubos evacuados (T): _____ Fecha de instalación: _____		
Cuestionario al usuario		Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	Número de ocupantes de la vivienda			
2	¿El sistema cuenta con un manual de instalación?			
3	¿El sistema cuenta con un manual de operación?			
4	¿El sistema cuenta con manual de mantenimiento?			
5	¿El sistema cuenta con garantía?			
6	¿Se utiliza el sistema de respaldo?			
7	Gasto en gas promedio			
8	Percepción de la calidad del agua			Muy buena___ Buena___ Regular___ Mala___
9	Grado de satisfacción del usuario final			Muy bueno___ Bueno___ Regular___ Malo___
Datos de la vivienda				
10	Temperatura (°C) del agua fría en la vivienda (cocina)			Temperatura: _____
11	Temperatura (°C) a la salida del agua caliente (cocina)			Temperatura: _____
12	Tiempo que tarda en salir el agua caliente (cocina)			Tiempo: _____
13	Caudal aproximado			Caudal: _____
Sistema de respaldo				
14	Tipo de sistema de respaldo (e.g. calentador de depósito, alta recuperación, instantáneo, eléctrico, etc.)			
15	Modelo			
16	Marca			
17	¿Se encuentra instalado en serie con el Sistema de Calentamiento Solar?			
18	¿Existe válvula termostática en la conexión del sistema?			
Observaciones				
¿La vivienda ha "crecido"?  Comentarios				

Datos generales		Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	¿Hay un fácil acceso para el mantenimiento del equipo?			
2	¿El sistema cuenta con algún dispositivo contra sobrecalentamiento del agua?, ¿Cuál en el caso de que aplique?			
3	Confirmación de los datos del equipo / DIT			
4	Documentar la forma como el sistema se alimenta con agua (e.g. Tinaco, red municipal, etc.)			
5	¿Todos los componentes del Sistema de Calentamiento Solar se encuentren en buenas condiciones? (libres de deformación, corrosión, rupturas, etc.)			
6	¿La salida de agua caliente se encuentra en la parte superior del termotanque?			
7	¿El colector se encuentra dirigido hacia el sur geográfico?			Desviación del equipo con respecto al sur: _____
8	¿El colector cumple con la inclinación de acuerdo a la ubicación geográfica?			Altura: _____ Profundidad: _____
9	¿Alguna sombra se encuentra proyectada sobre el colector?			
10	¿Hay muros u otras instalaciones que puedan proyectar sombra en el colector como mínimo de 9 am a 17 pm?			
11	¿La disposición de los componentes del sistema es la adecuada?, (e.g. tinaco por encima del termotanque, termotanque por encima del colector, etc.)			
<b>Fijación</b>				
12	¿El sistema se encuentra anclado?			
13	¿Las estructuras metálicas de anclaje se encuentran pintadas con esmalte anticorrosivo?, (no aplica a materiales de acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio)			
14	¿El termotanque se encuentra bien atornillado a la base del colector?			
15	¿Las perforaciones hechas en el lugar de la instalación están perfectamente selladas para no perjudicar la impermeabilización?			
16	En términos generales, ¿el anclaje es el correcto?			
<b>Tuberías</b>				
17	¿El diámetro de la tubería es el adecuado?			Altura de la tubería: _____ Calibre: _____
18	¿Las tuberías están ancladas con abrazaderas por lo menos cada 3[m]?			
19	¿La tubería transportadora de fluido caliente se encuentra aislada?			
20	¿Existen fugas en las tuberías del sistema?			
21	¿Las uniones de tuberías de cobre cuentan con soldadura de estaño sin grumos ni quebradiza y perfectamente adherida al material?			
<b>Válvulas</b>				
22	¿El sistema de calentamiento cuenta con una válvula de paso (by pass) en la alimentación?			
23	¿El sistema de calentamiento cuenta con una válvula de paso (by pass) a la salida, antes del sistema de respaldo?			
24	¿El sistema cuenta con una válvula check (antiretorno) en la alimentación entre el tinaco y el termotanque, con dirección a éste último?			
25	¿El sistema cuenta con una válvula de llenado?			
26	¿El termotanque cuenta con una válvula de drenado en su parte inferior?			
<b>Termotanque</b>				
27	¿El termotanque es de mínimo 150 [L]?			
28	¿El termotanque se encuentre debidamente aislado? (e.g. poliuretano)			
29	¿El termotanque cuenta con algún tratamiento o dispositivo anticorrosivo?			
30	¿El termotanque presenta fugas, rotura o deformaciones?			
31	¿El termotanque cuenta con un jarro de aire en su parte superior?			
<b>Colector plano</b>				
32	¿La superficie del colector es de por lo menos 2m²?			
33	¿La cubierta transparente es de vidrio o plástico?, Documentar			
34	¿La superficie del colector presenta algún tipo de contaminante? (e.g. cemento, pintura, polvo, etc.)			
35	¿El colector presenta rota o quebrada la cubierta?			
36	¿El colector presenta fugas o infiltraciones?			
37	¿El colector cuenta con válvula anticongelante?			
<b>Colector de tubos evacuados</b>				
38	¿El colector tiene tubos evacuados quebrados, rotos o que hayan perdido el vacío?			
39	¿Cada tubo cuenta con un cubrepolvo a la entrada del termotanque ?			
40	¿Cada tubo cuenta con una protección plástica en la zona de la base?			
41	En caso de contar con vaso de expansión. ¿El vaso de expansión se encuentra sobre el termotanque y libre de fugas?			

## Términos de Referencia (TdR) para Expertos de Corto Plazo

---



Cooperación Técnica entre México y Alemania  
Proyecto 25,000 Techos Solares para México  
(PN 09.9040.8-001)

---

### **TAREA GENERAL:**

*“Definir criterios de calidad para sistemas de calentamiento solar de agua y medidas para asegurar su cumplimiento en programas de promoción en el sector residencial Mexicano”*

---

#### **1. OBJETIVO**

Los objetivos son:

- La GTZ dispone de un panorama de los diversos aspectos de calidad de sistemas de calentamiento solar de agua (hardware e instalación), incluyendo factores concretos que permiten determinar la calidad en el mercado residencial mexicano.
- La GTZ conoce las prácticas internacionales en programas de promoción para asegurar la calidad de los sistemas de calentamiento solar de agua promovidos y recomendaciones de mejora para México.

#### **2. Alcance**

El presente análisis se enfocará a los sistemas de calentamiento solar de agua prefabricados del tipo termosifón que se usan en el sector residencial mexicano. Como componentes de un sistema de calentamiento solar de agua se debe considerar el colector, el termotanque y la tubería con válvulas y aislantes.

### 3. TAREAS, RESPONSABILIDADES Y CRONOGRAMA

La ejecución del trabajo tendrá un plazo no mayor de 31 semanas. Se prevé que los trabajos se realicen de acuerdo con el cronograma que se presenta a continuación, y que inicien a más tardar el 16 de marzo del 2010 (equivalente a la Semana 1) para finalizar a más tardar el 15 de octubre del 2010 (equivalente a la Semana 31).

Semanas

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30	31
<b>Definición de la calidad de CSA</b>												
Tarea 1: Analizar y describir las diferentes <u>dimensiones</u> (e.g. instalación, producto, etc.), <u>aspectos</u> (aislamiento, orientación, etc.) y <u>criterios</u> (temperatura del agua caliente, etc.) de calidad de CSA				IP								
Tarea 2: Identificar <u>problemas característicos de calidad</u> en el mercado mexicano como ejemplos para las diferentes dimensiones a través de interviews y/o cuestionarios					IP							
<b>Análisis de prácticas internacionales en programas de promoción</b>												
Tarea 3: Analizar las <u>prácticas internacionales</u> en programas de promoción de CSA para garantizar la calidad								IP				
Tarea 4: Analizar la <u>relevancia para México</u> de las practicas encontrados en la Tarea 3 y deducir <u>recomendaciones</u> para México											IF	
<b>Otros productos</b>												
Tarea 5: Según necesidad colaborar en otras tareas												
<b>Gestión</b>												
Tarea 6: Realizar <u>reuniones de avance semanales</u> (fijas), además de reuniones flexibles, espontaneas según necesidad												

IP = Entrega y presentación parcial de los productos correspondientes

IF = Entrega y presentación final de los productos correspondientes

#### 4. PRODUCTOS A ENTREGAR

<p>Productos</p>	<p>El practicante entregará los siguientes productos elaborados en español:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Informes parciales</u> por escrito como se indica en éstos TdR (Microsoft Word).</li> <li>• <u>Informe final</u> por escrito como se indica en éstos TdR (Microsoft Word).</li> <li>• <u>Presentaciones parciales y final</u> como se indica en estos TdR, presentando los avances y resultados finales (Microsoft Power Point).</li> </ul>
<p>Requerimientos mínimos respecto al contenido</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen Ejecutivo</li> <li>• Introducción (Antecedentes, Alcance y objetivos, Enfoque metodológico, Estructura)</li> <li>• Dimensiones, aspectos y criterios de calidad (e.g. producto, instalación) y problemas de calidad característicos             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calidad del producto (e.g. materiales aplicados, etc)                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Criterios (criterios que permiten determinar la calidad (e.g. temperatura del agua caliente); los criterios propuestos para determinar la calidad de CSA en el mercado mexicano deberían ser desarrollados para una investigación de calidad en el campo (en viviendas de Infonavit que cuentan con CSA) a realizarse por un equipo de ingenieros; por lo mismo hay que considerar que los criterios propuestos son pragmáticos, entre otros)</li> <li>▪ Problemas actuales en México...</li> </ul> </li> <li>○ Calidad de instalación (e.g. orientación, etc)                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Criterios...</li> <li>▪ Problemas actuales en México</li> </ul> </li> <li>○ ...</li> </ul> </li> <li>• Programas de promoción de CSA (descripción y presentación corta de programas; los programas considerados en el informe deben ser seleccionados por razones de semejanza con los condiciones marcos en México para aumentar la significancia de los recomendaciones derivadas)</li> <li>• Prácticas para garantizar la calidad en programas internacionales de promoción de CSA (el informe debe identificar practicas para garantizar la calidad en las diferentes dimensiones y aspectos de calidad identificados, e.g. mecanismo de certificación para instaladores para mejorar la calidad de las instalaciones en el mercado)             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Producto</li> <li>○ Instalación</li> <li>○ ...</li> </ul> </li> <li>• Análisis de aplicabilidad de las prácticas internacionales a la hipoteca verde en México (El informe debe derivar recomendaciones de prácticas y/o medidas concretas con base en las experiencias analizadas, tomando en cuenta los desafíos (e.g. marco normativo incompleto) y condiciones marco (e.g. tipo de combustible de respaldo))</li> <li>• Cconclusiones y recomendaciones (El informe debe concluir sobre los desafíos y oportunidades al respeto de la calidad en base de los problemas de calidad enfrentados en México y las posibles prácticas/medidas identificadas)</li> <li>• Bibliografía</li> </ul>
<p>Otros productos</p>	
	<p>por definir</p>

## **5. INSUMOS DE REFERENCIA**

Los siguientes insumos proporcionados por parte GTZ y otros actores servirán de referencia para la elaboración de los productos a entregar:

### Tarea 1,2:

- Materiales de capacitación para instaladores, GTZ
- Norma de Competencia Laboral, GTZ
- Checklist para verificadores y los insumos bases de los fabricantes, GTZ
- Normas: NMX-ES 001, NMX-ES-003, NMX-ES-004
- Presentación de resultados de Enervalia

### Tarea 3,4:

- International Experiences with the Promotion of Solar Water Heater
- [www.solarthermalworld.org/incentive](http://www.solarthermalworld.org/incentive)

México, D.F., a 05 de Marzo de 2010.



## Términos de Referencia (TdR) para Expertos de Corto Plazo

PARA CONTRATOS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA QUE FORMAN PARTE INTEGRAL DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES QUE CELEBRAN POR UNA PARTE DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) GmbH, OFICINA DE REPRESENTACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA, REPRESENTADA EN ESTE ACTO POR EL ING. AXEL PETER MACHT A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ COMO "EL CLIENTE" Y POR LA OTRA PARTE RICARDO LAURENCEZ REYES A QUIEN SE LE DENOMINARÁ COMO "EL PRESTADOR DE SERVICIOS".

Número de operación COSOFT – 83073304

Experto – 50638

ENERGÍAS CTTO. - 48/10

ANEXO 2

Cooperación Técnica entre México y Alemania  
Programa Energía Sustentable en México  
(PN 08.2070.4-001.00)

### TAREA GENERAL:

*“Actualizar la página web del PROCALSOL con textos y documentos”*

#### 1. OBJETIVO

La pagina web de PROCALSOL esta actualizada según los criterios de la CONUEE y GTZ.

#### 2. TAREAS, RESPONSABILIDADES Y CRONOGRAMA

La ejecución del trabajo se realizará en 29 días naturales dentro de un plazo no mayor de 4 semanas. Se prevé que los trabajos se realicen de acuerdo con el cronograma que se presenta a continuación, y que inicien a más tardar el 18 de octubre del 2010 (equivalente a la Semana 1) para finalizar a más tardar el 15 de noviembre del 2010 (equivalente a la Semana 4)

1 de 3

RL  
JR  
C  
AB

	Semanas			
	1	2	3	4
<b>Actualización de la página web PROCALSOL</b>				
Tarea 1: Averiguar tres páginas existentes en otros países con un objetivo parecido a la página web de PROCALSOL y revisar la información disponible en ellas.	IP			
Tarea 2: Elaborar un plan de trabajo indicando la información que se debería actualizar / incluir a la página web del PROCALSOL.	IP			
Tarea 3: Elaborar textos nuevos y actualizar textos existentes para la página web de PROCALSOL				IF
Tarea 4: Elaborar gráficos nuevos y actualizar gráficos existentes para la página web de PROCALSOL				IF
Tarea 5: Elaborar textos nuevos y modificar textos existentes para la página web <a href="http://www.renovables.gob.mx">www.renovables.gob.mx</a> según necesidad				
<b>Gestión</b>				
Tarea 4: Realizar <u>reuniones de avance semanales</u> (fijas), además de reuniones flexibles, espontáneas según necesidad con CONUEE y GTZ.				

IP = Entrega y presentación parcial de los productos correspondientes  
 IF = Entrega y presentación final de los productos correspondientes

### 3. PRODUCTOS A ENTREGAR

Productos	<p>El practicante entregará los siguientes productos elaborados en español:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Textos para la página web de PROCALSOL</u></li> <li>• <u>Gráficos para la página web de PROCALSOL</u></li> </ul>
Requerimientos mínimos respecto al contenido	<p>El practicante debe elaborar como mínimo <u>textos</u> sobre los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información para la compra de un calentador solar de agua (p.ej. presión de suministro de agua, granizo, tecnologías, etc.)</li> <li>• Materiales y cursos de capacitación</li> <li>• Certificación de instaladores</li> <li>• Calculadora para calentadores solares de agua</li> <li>• Biblioteca digital</li> <li>• Que es PROCALSOL (Meta del programa, Unidad de Coordinación, etc.)</li> <li>• Panorama de mercado de CSA</li> <li>• En mi Casa (instalación, apoyos, etc.)</li> <li>• Agronegocios (FIRCO)</li> <li>• Instituciones Participantes</li> <li>• Preguntas frecuentes</li> </ul> <p>El practicante debe elaborar como mínimo <u>gráficos</u> sobre los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información para la compra de un calentador solar de agua</li> <li>• Certificación de instaladores</li> <li>• Panorama de mercado de CSA</li> <li>• Meta del programa</li> </ul>

RL  
 JRS  
 G  
 AS

México, D.F., a 23 de octubre del 2010.

Acepto TdR



Deutsche Gesellschaft für Technische  
Zusammenarbeit (GTZ) GmbH  
Oficina de Representación en la  
República Mexicana.  
Representada por:  
Ing. Axel Peter Macht



Sr. Ricardo Laurencez Reyes

3 de 3

RR  
JS  
AB



## Términos de Referencia (TdR) para Expertos de Corto Plazo

PARA CONTRATOS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA QUE FORMAN PARTE INTEGRAL DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES QUE CELEBRAN POR UNA PARTE DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) GmbH, OFICINA DE REPRESENTACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA, REPRESENTADA EN ESTE ACTO POR EL ING. AXEL PETER MACHT A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ COMO "EL CLIENTE" Y POR LA OTRA PARTE RICARDO LAURENCEZ REYES A QUIEN SE LE DENOMINARÁ COMO "EL PRESTADOR DE SERVICIOS".

Número de operación COSOFT – 83076016

Experto – 50638

ENERGÍAS CTTO. - 52/10

ANEXO 2

Cooperación Técnica entre México y Alemania

Programa Energía Sustentable en México

(PN 08.2070.4-001.00)

### TAREA GENERAL:

*"Concluir la actualización de la página web del PROCALSOL con textos y documentos"*

#### 1. OBJETIVO

La página web de PROCALSOL está actualizada según los criterios de la CONUEE y GTZ.

#### 2. TAREAS, RESPONSABILIDADES Y CRONOGRAMA\*

La ejecución del trabajo se realizará en 29 días naturales dentro de un plazo no mayor de 4 semanas. Se prevé que los trabajos se realicen de acuerdo con el cronograma que se presenta a continuación, y que inicien a más tardar el 16 de noviembre del 2010 (equivalente a la Semana 1) para finalizar a más tardar el 14 de diciembre del 2010 (equivalente a la Semana 4).

1 de 3

RLR  
OB  
G  
PRJ

	Semanas			
	1	2	3	4
<b>Actualización de la pagina web PROCALSOL</b>				
Tarea 1: Averiguar tres páginas existentes en otros países con un objetivo parecido a la página web de PROCALSOL y revisar la información disponible en ellas.	IP			
Tarea 2: Elaborar un plan de trabajo indicando la información que se debería actualizar / incluir a la página web del PROCALSOL.	IP			
Tarea 3: Elaborar textos nuevos y actualizar textos existentes para la pagina web de PROCALSOL				IF
Tarea 4: Elaborar gráficos nuevos y actualizar gráficos existentes para la pagina web de PROCALSOL				IF
Tarea 5: Elaborar textos nuevos y modificar textos existentes para la pagina web <a href="http://www.renovables.gob.mx">www.renovables.gob.mx</a> según necesidad				
<b>Gestión</b>				
Tarea 4: Realizar <u>reuniones de avance semanales</u> (fijas), además de reuniones flexibles, espontaneas según necesidad con CONUEE y GTZ.				

IP = Entrega y presentación parcial de los productos correspondientes  
 IF = Entrega y presentación final de los productos correspondientes

### 3. PRODUCTOS A ENTREGAR

Productos	<p>El practicante entregará los siguientes productos elaborados en español:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Textos para la página web de PROCALSOL</u></li> <li>• <u>Gráficos para la página web de PROCALSOL</u></li> </ul>
Requerimientos mínimos respecto al contenido	<p>El practicante debe elaborar como mínimo <u>textos</u> sobre los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información para la compra de un calentador solar de agua (p.ej. presión de suministro de agua, granizo, tecnologías, etc.)</li> <li>• Materiales y cursos de capacitación</li> <li>• Certificación de instaladores</li> <li>• Calculadora para calentadores solares de agua</li> <li>• Biblioteca digita</li> <li>• Que es PROCALSOL (Meta del programa, Unidad de Coordinación, etc.)</li> <li>• Panorama de mercado de CSA</li> <li>• En mi Casa (instalación, apoyos, etc.)</li> <li>• Agronegocios (FIRCO)</li> <li>• Instituciones Participantes</li> <li>• Preguntas frecuentes</li> </ul> <p>El practicante debe elaborar como mínimo <u>gráficos</u> sobre los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información para la compra de un calentador solar de agua</li> <li>• Certificación de instaladores</li> <li>• Panorama de mercado de CSA</li> <li>• Meta del programa</li> </ul>

RR  
 AB  
 IB  
 G

México, D.F., a 24 de noviembre del 2010.

Acepto TdR



Deutsche Gesellschaft für Technische  
Zusammenarbeit (GTZ) GmbH  
Oficina de Representación en la  
República Mexicana.  
Representada por:  
Ing. Axel Peter Macht



Sr. Ricardo Laurencez Reyes

- Véase mail adjunto

3 de 3

