

# CALENTADORES DE AGUA SOLARES

“Estudio de casos de normas de calidad, procedimientos de verificación e instrumentos de información al consumidor para calentadores de agua solares en países de América Latina y El Caribe.”



Este documento ha sido preparado por:

**Dr. Ing. Luis C. Navntoft**

Consultor Fundación Bariloche

Doctor en Ciencia y Tecnología, mención química con especialización en aplicaciones térmicas y químicas de la radiación solar.

Presidente Solarmate S.A y especialista en energía solar térmica.

Con el apoyo de la coordinación técnica y la revisión de:

**Renato Oña Pólit**

Coordinador de Energías Renovables del Proyecto: Mecanismos y Redes de Transferencia de Tecnología relacionada al Cambio Climático para América Latina y El Caribe. Fundación Bariloche

**Hilda Dubrovsky**

Vicepresidenta Ejecutiva

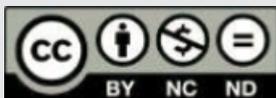
Fundación Bariloche

Copyright © Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no- comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Índice de Figuras .....	5
Índice de Tablas .....	6
Acrónimos .....	7
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	9
<b>1.0 Introducción</b> .....	18
<b>2.0 Barbados</b> .....	24
<b>2.1 Contexto energético Barbados</b> .....	24
<b>2.2 Proyectos Piloto</b> .....	25
<b>2.3 Programas de incentivos</b> .....	25
2.2.1 Incentivos Fiscales .....	25
2.2.2 Obligatoriedad de CSA en construcciones públicas .....	25
2.2.3 Beneficios impositivos para dueños de casa (Homeowner tax benefit) .....	25
2.2.3 Beneficios impositivos mejorados para dueños de casa (Homeowner tax benefit improved) .....	25
<b>2.4 Certificación</b> .....	25
<b>2.4.1 Normativa</b> .....	26
<b>2.5 Actividades de difusión</b> .....	26
<b>2.6 Resultados</b> .....	27
<b>3.0 Brasil</b> .....	29
<b>3.1 Contexto energético Brasil</b> .....	29
<b>3.2 Proyectos Piloto</b> .....	31
<b>3.3 Programas de incentivos</b> .....	31
3.3.1 Minha Casa Minha Vida (MCMV) .....	31
<b>3.4 Certificación</b> .....	32
3.4.1 Vigilancia de mercado .....	35
3.4.2 Normativa .....	35
<b>3.5 Actividades de difusión</b> .....	36
3.5.1 Material técnico para instaladores e interesados .....	36
<b>3.6 Resultados</b> .....	38
<b>4.0 Chile</b> .....	41
<b>4.1 Contexto energético Chile</b> .....	41
<b>4.2 Proyectos Piloto</b> .....	41
<b>4.3 Programas de incentivos</b> .....	42
4.3.1 Ley N° 20.897 (anteriormente 20.365) .....	42
4.3.2 Subsidio del Programa Protección al Patrimonio Familiar (PPPF) .....	43
4.3.3 Subsidio para agregar CSA en los programas de reconstrucción de vivienda .....	43
<b>4.4 Certificación</b> .....	43
4.4.1 Normativa .....	45
<b>4.5 Actividades de difusión</b> .....	46
<b>4.6 Resultados</b> .....	47
<b>5.0 Colombia</b> .....	49
<b>5.1 Contexto energético Colombia</b> .....	49
<b>5.2 Proyectos Piloto</b> .....	50
<b>5.3 Programas de incentivos</b> .....	50
5.3.1 Ley N° 1.715 .....	50
5.3.2 Guía de construcción sostenible .....	52
5.3.3 Protocolo verde .....	53

<b>5.4 Certificación</b> .....	53
5.4.1 Normativa .....	53
<b>5.5 Actividades de difusión</b> .....	54
<b>5.6 Resultados</b> .....	54
<b>6.0 México</b> .....	56
<b>6.1 Contexto energético México</b> .....	56
<b>6.2 Proyectos Piloto</b> .....	56
<b>6.3 Programas de incentivos</b> .....	58
6.3.1 Hipoteca Verde .....	58
6.3.2 Subsidio Federal “Ésta es tu Casa” .....	58
6.3.3 Programa de Vivienda Sustentable .....	58
<b>6.4 Certificación</b> .....	59
6.4.1 Normativa .....	61
<b>6.5 Actividades de difusión</b> .....	63
<b>6.6 Resultados</b> .....	65
<b>7.0 Uruguay</b> .....	67
<b>7.1 Contexto Energético Uruguay</b> .....	67
<b>7.2 Proyectos Piloto</b> .....	67
<b>7.3 Programas de incentivos</b> .....	68
7.3.1 Ley N° 18.585 - Ley energía solar térmica .....	68
7.3.2 Ley N° 16.906 - Ley de Promoción de Inversiones .....	69
7.3.3 Plan Solar .....	69
<b>7.4 Certificación</b> .....	70
7.4.1 Normativa .....	72
<b>7.5 Actividades difusión</b> .....	73
<b>7.6 Resultados</b> .....	74
<b>8.0 Ahorro de recursos energéticos y costos asociados</b> .....	76
<b>9.0 Ahorro emisiones de CO<sub>2</sub></b> .....	79
<b>9.1 Metodología de cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas por el uso de CSA</b> .....	79
<b>9.2 Emisiones ahorradas por kWh generado por CSA por país</b> .....	80
<b>10.0 Discusión y Conclusiones</b> .....	83
<b>Bibliografía</b> .....	87

<b>Figura 1. 1.</b> Crecimiento de la capacidad instalada de colectores solares desde el año 2000 hasta el 2016 en GWth, y de la energía generada en TWh .....	18
<b>Figura 1. 2.</b> Área total de colectores (en m <sup>2</sup> ) instalada en los seis países de estudio. Elaboración propia .....	19
<b>Figura 1. 3.</b> Área de colectores instalada per cápita en los seis países de estudio. Elaboración propia .....	20
<b>Figura 1. 4.</b> Proporción de hogares que cuentan o no con equipos de calentamiento de agua sanitaria, por país de estudio. Elaboración propia .....	21
<b>Figura 1. 5.</b> Distribución de artefactos para el calentamiento de agua sanitaria en los países de estudio. Elaboración propia .....	22
<b>Figura 1. 6.</b> Participación sectorial del consumo final de la energía en los países de estudio. Elaboración propia .....	23
<b>Figura 2. 1.</b> Uso final de la energía en Barbados .....	24
<b>Figura 3. 1.</b> Uso residencial de la electricidad en Brasil (Brecht, 2016). El calentador para agua caliente es el primer consumo eléctrico a nivel residencial .....	30
<b>Figura 3. 2.</b> Etiqueta PBE Solar. De izquierda a derecha colectores, sistemas y tanques (Brecht, 2016) .....	37
<b>Figura 3. 3.</b> Imagen de sello Procel .....	38
<b>Figura 3. 4.</b> Crecimiento del área de colectores solares en Brasil desde el año 2002 al 2016 (Mesquita, 2016). Varios factores contribuyeron a la disminución del área producida en 2015-2016. Por un lado no todas las empresas pueden cumplir los requisitos de certificación exigidos por INMETRO y por otro lado, el programa MCMV estuvo en suspensión durante ese período por una reevaluación del mismo .....	39
<b>Figura 4. 1.</b> Uso final de la energía en Chile por sector .....	41
<b>Figura 4. 2.</b> Instalaciones realizadas entre 2011 y 2017 en el marco de los diferentes programas de incentivos de Chile .....	47
<b>Figura 5. 1.</b> Uso final de la energía en Colombia .....	49
<b>Figura 6. 1.</b> Esquema de certificación de los equipos que participan en los programas de promoción del INFONAVIT u otros relacionados con la vivienda social .....	60
<b>Figura 6. 2.</b> Evolución del área de colectores solares instalados desde 2005 hasta 2015 .....	65
<b>Figura 7. 1.</b> Uso final de la energía en Uruguay .....	67
<b>Figura 7. 2.</b> Área de colectores instalada en el período 2012 a 2015 en Uruguay (IEA, 2017) .....	74
<b>Figura 9. 1.</b> Ahorro en Toneladas anuales de CO <sub>2</sub> debido al uso de la capacidad instalada de CSA .....	81
<b>Figura 9. 2.</b> Ahorro en kg anuales de CO <sub>2</sub> per cápita debido al uso de la capacidad instalada de CSA .....	82

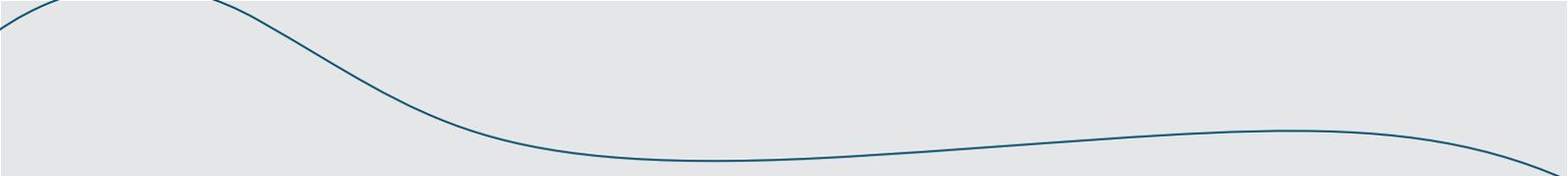
<b>Tabla 2. 1.</b> Normativa relacionada con CSA en Barbados .....	26
<b>Tabla 3. 1.</b> Normativa aplicable a sistemas prefabricados en Brasil .....	35
<b>Tabla 3. 2.</b> Distribución del mercado de CSA en Brasil para el año 2015 y 2016 (Mesquita, 2016) .....	39
<b>Tabla 4. 1.</b> Protocolo de ensayos para sistemas prefabricados conforme a la RE 1150/2011 .....	45
<b>Tabla 5. 1.</b> Normativa vigente respecto de los CSA en Colombia .....	53
<b>Tabla 6. 1.</b> Normativa técnica aplicable a los CSA para México .....	62
<b>Tabla 6. 2.</b> Ensayos requeridos en el DTESTV .....	63
<b>Tabla 7. 1.</b> Normativa de CSA disponible en Uruguay .....	72
<b>Tabla 7. 2.</b> Protocolo de ensayos para sistemas prefabricados conforme a la UNIT 1184 .....	73
<b>Tabla 8. 1.</b> Ahorro en los diferentes recursos debidos a los CSA instalados en cada país a fines de 2015 .....	76
<b>Tabla 8. 2.</b> Valores de tarifas residenciales de electricidad, gas natural y GLP para los países analizados. Los precios fueron transformados a U\$/unidad de medida al tipo de cambio de mayo de 2018. No se consideraron precios base ni impuestos. Solo fue considerado el valor correspondiente al consumo variable de cada energético. Dado que los cuadros tarifarios de cada país son diferentes entre sí, y a los fines de comparar los seis países, en todos los casos se tomó un valor promedio de uso residencial. Los precios pueden variar según si el usuario es un gran consumidor de energía o bien es eficiente en su uso .....	76
<b>Tabla 8. 3.</b> Precios por kWh por recurso energético y país .....	77
<b>Tabla 8. 4.</b> Años de amortización de un CSA considerando un costo inicial de U\$ 1.500 .....	78
<b>Tabla 9. 1.</b> Factores de emisión de kgCO <sub>2</sub> por kWh uso de electricidad (1 a 6), uso de gas natural y uso de GLP .....	79
<b>Tabla 9. 2.</b> Energía anual generada por el total de área de colectores de CSA en cada país de estudio .....	80
<b>Tabla 9. 3.</b> Emisiones ahorradas calculadas según la metodología descrita y según informa la IEA .....	81

## ACRÓNIMOS

ABRASOL	Asociación Brasileira de Energía Solar Térmica
ABRAVA	Asociación Brasileña de Refrigeración, Aire Acondicionado, Ventilación y Calentamiento
ACESOL	Asociación Chilena de Energía Solar
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar (México)
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
BHU	Financiamiento del Banco Hipotecario de Uruguay
BME	Barbados National Energy Policy
BMU	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania
BNS	Barbados National Standard (Estándar Nacional de Barbados)
BREA	Asociación Barbadiense de Energías Renovables
BSE	Banco de Seguros del Estado (Uruguay)
CETAC	Centro Tecnológico do Ambiente Construido (Brasil)
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda (México)
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (México)
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción (Chile)
CSA	Calentadores Solares de Agua
DNE	Dirección Nacional de Energía (Uruguay)
DNI	Dirección Nacional de Industria (Uruguay)
DTESTV	Dictamen Técnico de Energía Solar en la Vivienda (México).
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
EN	Normativa Europea
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservación de la Energía (Brasil)
ETUS	Especificaciones Técnicas Uruguayas
FAMERAC	Asociación de Fabricantes Mexicanos de Energías Renovables
FENOGE	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Colombia)
FNCE	Fuentes No Convencionales de Energía
FT	Franquicia Tributaria
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GTZ	Sociedad Alemana de Cooperación Técnica
IAF	Foro de Acreditación Internacional
IC	Infraestructura de Calidad
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas
IEA	International Energy Agency

## ACRÓNIMOS

ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (México)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrología de Brasil
INN	Instituto Nacional de Normalización (Chile)
INVI	Instituto de Vivienda del Distrito Federal (México)
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Brasil)
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
ISO	International Organization for Standardization
LAC	Latinoamérica
LIP	Laboratorio de Instalações Prediais e Saneamento (Brasil)
MCMV	Proyecto Minha Casa Minha Vida (Brasil)
MEVIR	Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (Uruguay)
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería (Uruguay)
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Chile)
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Uruguay)
NMX	Normas Mexicanas
NOM	Normas Oficiales Mexicana
OC	Organismo de Certificación
OCP	Organismo de Certificación de Productos
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación (Colombia)
ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación (México)
OUA	Organismo Uruguayo de Acreditación
PBE	Programa Brasileño de Etiquetado
PESENCA	Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPPF	Programa de Protección del Patrimonio Familiar (Chile)
PROCEL	Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (Brasil)
PROURE	Programa de uso Racional de la Energía (Colombia)
QUALISOL	Programa de Calidad de comercializadores de solar térmica (Brasil)
REN 21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
SEC	Superintendencia de Energía y Combustibles (Chile)
SRCC	Solar Rating Certification Corporation
SST	Sistemas Solares Térmicos
UF	Unidad de Fomento



# Resumen Ejecutivo



Según el informe Solar Heat Worldwide 2017 (IEA, 2017), la energía solar térmica total instalada en todo el mundo en 2015 suma 376 TWh (652 millones de m<sup>2</sup>) comparado con 51 TWh (89 millones de m<sup>2</sup>) en el año 2000. Ésta sola estadística, evidencia el crecimiento que ha tenido el mercado solar térmico en los últimos 16 años. Si bien esta tendencia se da a nivel mundial, el crecimiento de la tecnología solar térmica no fue parejo en las diferentes partes del mundo. El crecimiento mundial esencialmente está liderado por Asia y Europa con algunos actores Latinoamericanos.

En este trabajo se investigan y desarrollan las características del mercado solar térmico y el grado de avance y penetración del mismo en seis países de Latinoamérica, a saber: Barbados, Brasil, Chile, Colombia, México y Uruguay.

Cada uno de ellos posee un mercado de calentadores solares de agua (CSA) que ha evolucionado con diferentes grados de éxito. El presente trabajo describe la información referente a esos mercados e identifica aspectos claves que pueden ser aplicados al desarrollo de un mercado solar térmico a nivel local o nacional.

Para ello, se analizaron las siguientes variables:

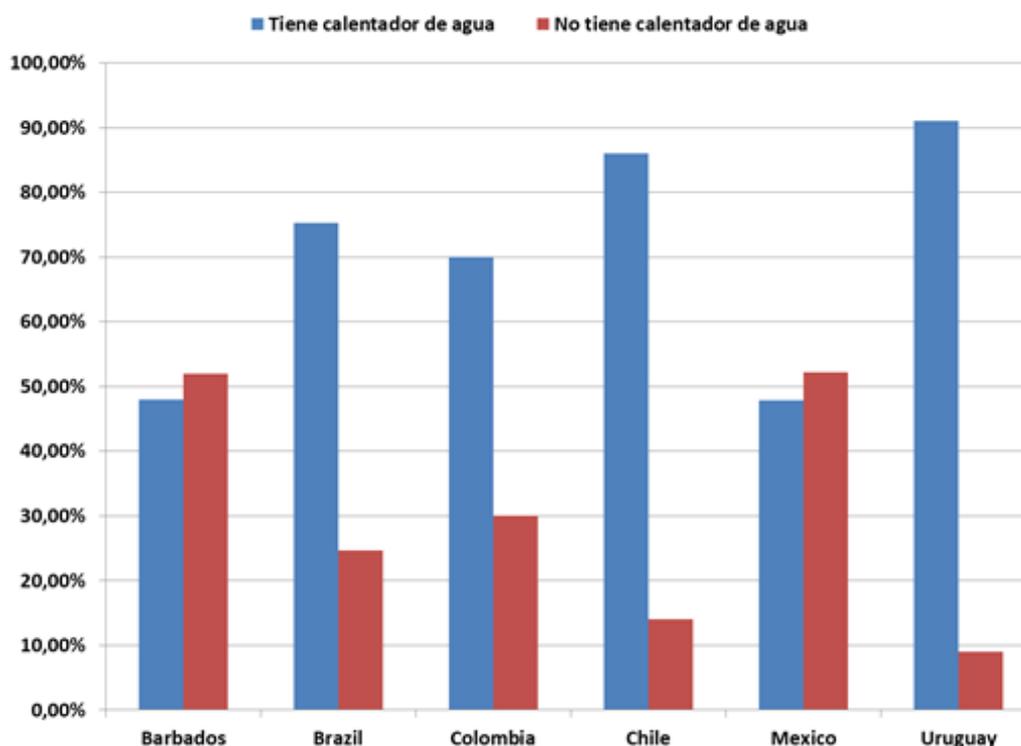
- Superficie total de CSA instalados en cada uno de los países y el grado de penetración de los mismos a través de la superficie instalada per cápita.
- El estado actual del calentamiento del agua en lo que refiere a tenencia de artefactos, recurso energético utilizado, hábitos de uso de ACS y final de la energía.
- Existencia de programas piloto, programas de incentivo al consumo y/o a la fabricación.
- Existencia y estado de laboratorios de ensayos, normativa técnica específica, exigencias de certificación y/o inspección y estado de los entes de normalización, acreditación, certificación e inspección.
- Existencia y estado de estrategias específicas de difusión tales como el etiquetado de producto.
- Existencia de perfiles o competencias profesionales específicas en lo que refiere al diseño y la instalación de sistemas solares térmicos.
- Costo de la energía para el calentamiento de agua y períodos de amortización de un CSA.
- Emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas por la superficie instalada.

### Acceso y uso de agua caliente sanitaria.

El uso de agua caliente sanitaria (ACS) no es el mismo en todos los países estudiados ni tampoco es homogéneo dentro de un mismo país. Dependiendo de la temperatura ambiente media y la condición de ingresos económicos de la población, existen diferentes regímenes de uso. A modo de ejemplo, la mayor parte del norte de Brasil no posee calentadores de agua, entre otros factores, por los beneficios de su clima (Brecht, 2016). En la región norte, la temperatura promedio anual oscila entre 20°C y 28°C y un 90% de los hogares no calientan el agua, mientras que en la zona centro sur las temperaturas oscilan entre 10°C y 20°C y el 98% de los hogares poseen calentadores de agua (Brecht, 2016). De esta asimetría entre norte y sur se obtiene que el 75,3% de los hogares poseen calentadores de agua y el 24,7 % no poseen (Brecht, 2016). Cada país analizado posee una distribución diferente dependiendo

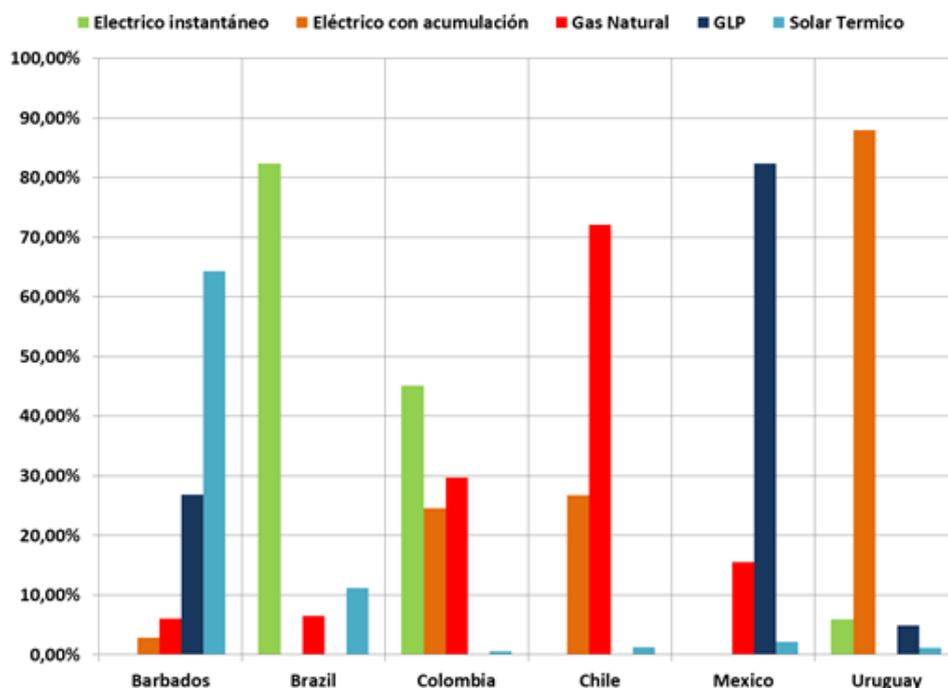
de las dos variables explicadas anteriormente. A los fines de este trabajo, se consideró el comportamiento promedio y no la variación específica por zona. Sin observar las asimetrías explicadas y considerando un valor promedio en cada país, la mayor cobertura de ACS está dada por Uruguay con más de un 91% de los hogares con artefactos de ACS, seguido de Chile con un 86%, Brasil con 75%, Colombia con un 70%, Barbados con un 48% y México con un 47% (Figura 1).

**Figura 1. Proporción de hogares que cuentan o no con equipos de calentamiento de agua sanitaria, por país de estudio. Elaboración propia.**



Adicionalmente a ello, resulta útil conocer la distribución de la tecnología de calentamiento de agua en cada país. En Uruguay predominan los termotanques eléctricos con un 88% de uso en los hogares. En Brasil predominan los calentadores eléctricos instantáneos con un 82% de los hogares equipados con los mismos. En Chile, el 72% de los hogares utilizan artefactos a gas natural, mientras que en México el 82% utiliza equipos a GLP. En Colombia existe una mezcla casi pareja de tecnología eléctrica, a gas natural y GLP, predominando la eléctrica instantánea con un 45%. En Barbados los CSA constituyen el 64% de la tecnología instalada para ACS (Figura 2).

**Figura 2. Distribución de artefactos para el calentamiento de agua sanitaria en los países de estudio. Elaboración propia<sup>1</sup>.**



### Uso final de la energía

En todos los países, el uso final de la energía del sector residencial se encuentra en forma pareja alrededor de un 15%. No obstante, el uso de energía para calentar agua varía según el recurso que utilice la tecnología preponderante. Por ejemplo, en Brasil, el uso de los calentadores instantáneos llegan a ser hasta un 24% del consumo de electricidad de una vivienda, mientras que en Chile llegan a ser el 44% del consumo total de la energía de la vivienda, incluyendo la energía utilizada en forma de electricidad y en forma de gas natural.

### Programas de incentivos

En todos los países analizados existieron programas piloto que permitieron demostrar el funcionamiento de los CSA y afinar estructuras necesarias para su promoción tales como la existencia de perfiles de formación específicos, estrategias de financiamiento e inclusión de CSA en políticas de vivienda pública y programas de incentivos. En el caso de Uruguay y en algunos estados de Brasil y México, esta obligación ha trascendido a los edificios públicos. En el caso de Barbados, Colombia y Uruguay, existen incentivos adicionales a la fabricación local de CSA tales como la exención del pago de un impuesto o bien de aranceles de importación a los insumos para la fabricación y puntualmente en Barbados existe adicionalmente un ré-

<sup>1</sup>Para estimar el número de equipos solares térmicos, se utilizaron las áreas de colectores instalados y el área típica de un CSA para cada país según el informe de la IEA. Para el caso de Colombia que no reporta datos se estimó en 2 m<sup>2</sup> por equipo. Para el caso de Barbados, en el último censo de 2010, solo indica si la vivienda posee un CSA o bien otro equipo. No discrimina por el tipo de equipo no solar utilizado. Para poder establecer una distribución comparable con el resto de los países, se consideró que los artefactos de calentamiento no solares poseen la misma distribución que los energéticos utilizados en la cocción.

gimen impositivo que aplica aranceles a la importación de artefactos convencionales ya sean eléctricos o a gas. El resto de los países no posee un incentivo a la fabricación local, sino que la promoción de los mismos está solamente asociada a programas de vivienda pública. Los países que más han avanzado en la cantidad de superficie instalada son países en los que hay una gran componente de fabricación local como en el caso de Barbados, Brasil y México. Solamente en Barbados existen ambos tipos de incentivos tanto al consumo en planes de vivienda como a la fabricación de CSA. En Chile los equipos son importados casi en su totalidad y tanto en Uruguay como en Colombia existe una bajo porcentaje de fabricación nacional. Por otro lado, a modo de incentivo al consumo, Colombia posee una línea de créditos a bajo interés específicos para la adquisición e instalación de CSA.

### **Normativa y certificación de calentadores solares de agua.**

Al día de hoy, solo Brasil exige la certificación de cualquier CSA que se comercialice en el mercado. Solo se pueden comercializar equipos certificados por organismos de certificación acreditados a tal fin y ensayados en Brasil bajo normas ABNT según la resolución 310/2012. Para ello, Brasil posee dos laboratorios acreditados y además ha comenzado a reconocer certificados de laboratorios acreditados del exterior. En México, Chile y Uruguay, solo se exige la certificación para aquellos equipos que participen de los programas de incentivos, pudiéndose comercializar equipos sin certificación en instalaciones particulares. Chile posee un laboratorio acreditado cuyo fin es ensayar a los equipos que no poseen certificación de equipos en origen. Dada la gran cantidad de CSA importados en el mercado chileno, el proceso de certificación se basa en una evaluación de conformidad y validez de los certificados de orígenes correspondientes por parte de un organismo de inspección y certificación acreditado. Para ello se utilizan los requisitos establecidos en las normas europeas EN 12975,76 y 77 en vez de la normativa Chilena. México posee organismos certificadores acreditados que ensayan los equipos en laboratorios no acreditados pero si supervisados por ellos mismos conforme a la norma ISO 17025. Los ensayos que se realizan en México están de acuerdo con el Dictamen de Energía Solar Térmica de la Vivienda (DTESTV) y existen 5 laboratorios con capacidad de ensayo. En Uruguay existen las Especificaciones técnicas Uruguayas (ETU) que definen los requisitos que deben cumplir los CSA. Existen dos laboratorios de ensayo, uno para las cuestiones de calidad y seguridad y otro para las cuestiones de rendimiento. Ambos sin acreditar. Colombia no posee procesos de certificación de equipos de CSA ni tampoco laboratorios. La certificación para acceder al beneficio del programa de incentivos es esencialmente una declaración jurada por parte del importador. Barbados no posee un proceso de certificación formal. El control de calidad es ejercido por los mismos usuarios debido a la cantidad de población del país y la fracción que utiliza ACS (71.000 hogares y 298.000 habitantes). Si el producto es de buena o mala calidad, la noticia corre casi de boca en boca y eso define su éxito o fracaso en el mercado.

A pesar de las grandes diferencias en los mecanismos de certificación y la infraestructura de calidad, casi toda la normativa técnica está basada en la EN-12975 y EN-12976 a excepción de Colombia y Barbados, principalmente debido que en ambos casos la normativa no ha sido actualizada desde la elaboración de la misma en la década de los 80.

### **Proyecto e instalación de calentadores solares de agua.**

En lo que refiere a proyecto e instalación de CSA, la mayoría de los países han desarrollado perfiles específicos para acompañar el desarrollo del mercado. Brasil desarrolló el programa

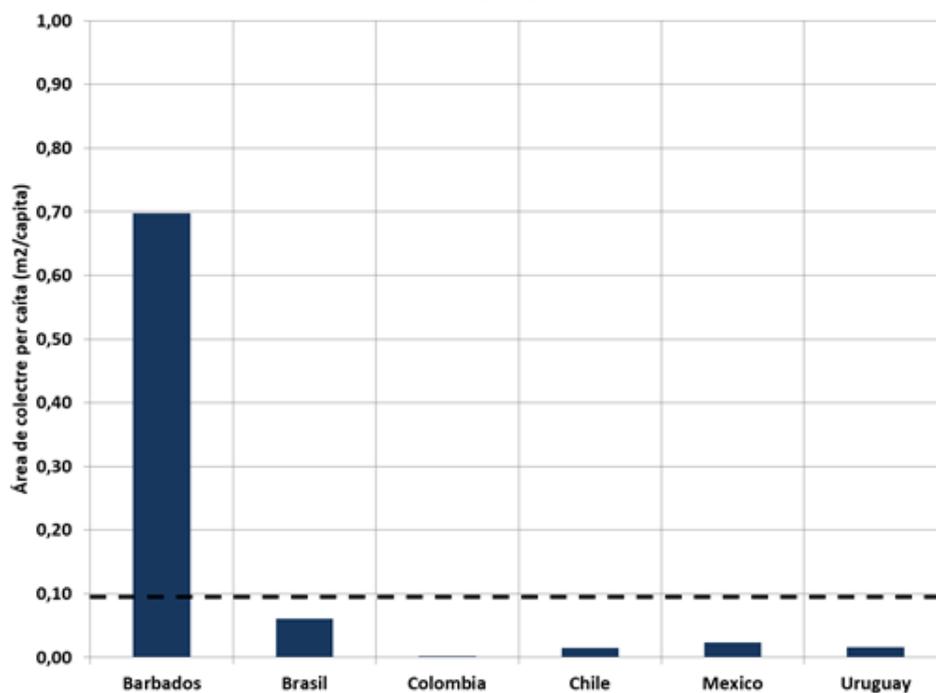
“Qualisol” que certifica la competencia de los proveedores de equipamiento solar térmico no solo en el diseño sino y en la instalación sino también en el servicio de ventas. Todas las instalaciones de los programas de incentivos deben ser realizadas por un profesional certificado por “Qualisol”. Uruguay exige que el diseño y la instalación sea supervisadas por un responsable Técnico de la instalación (RTI) exigiendo una cierta formación técnica afín. Chile y México han desarrollado perfiles de competencias específicas pero no los exige en forma obligatoria en todos los programas de incentivos sino solo en algunos de ellos. Colombia no posee perfiles específicos de formación para diseño e instalación de CSA. Barbados posee perfiles específicos y es obligatoria la ejecución de las obras por parte de los mismos.

### Programas y estrategias de difusión

En cuanto a las estrategias de difusión, todos los países han utilizado la web, redes sociales y distribución de folletos para difundir el uso de los CSA. En este aspecto el más avanzado es México que cuenta con un canal web propio donde se difunden contenidos relacionados con los CSA. Tanto Chile como Uruguay y Brasil poseen actualizadas las páginas web respectivas en lo que refiere a solar térmica. En Barbados, el uso de CSA comenzó en la década de 1970 y al día de hoy el mercado se encuentra saturado. Básicamente ya se ha realizado toda la promoción que la tecnología requería. Adicionalmente Brasil y México poseen programas de etiquetado de producto, diseñados para informar al consumidor acerca de las diferentes prestaciones de los CSA al compararlos con los equipos convencionales. En el caso de Uruguay, existen beneficios por el uso de CSA en industria desde el año 2012 y su uso no ha sido implementado por la falta de difusión del mecanismo.

Por último, cabe mencionar que aunque Barbados no sea el que mayor superficie instalada posee, es el que presenta por lejos la mayor penetración de mercado con  $0,7\text{m}^2$  per cápita, estando el resto de los países, incluido Brasil, por debajo de  $0,1\text{ m}^2$  per cápita (Figura 3).

**Figura 3. Área de colectores instalada per cápita en los seis países de estudio. Elaboración propia.**



## Análisis económico y energético del calentamiento de agua.

En casi todos los casos, la tecnología predominante para ACS no siempre es la más barata en términos económicos. La Tabla 1 muestra los costos del recurso energético en cada caso y de cruzar estos datos con los de la figura 2 es posible observar que la tecnología predominante no es la más económica en todos los casos.

PAÍS	U\$/kWh ELÉCTRICO	U\$/kWh GAS NATURAL	U\$/kWh GLP
Barbados	0,11	0,10	0,22
Brasil	0,13	0,18	0,06
Colombia	0,15	0,14	0,21
Chile	0,17	0,07	0,07
México	0,15	0,05	0,11
Uruguay	0,2	0,13	0,18

Por otro lado, la tecnología predominante determinará los tiempos de amortización los CSA en cada país. En la tabla 2 se estiman los tiempos de amortización de un CSA en cada uno de los países estudiados con respecto a las diferentes tecnologías convencionales.

TOTALES	TIE	TAE	GN	GLP
Barbados	12,23	5,24	4,83	2,16
Brasil	10,79	4,62	2,74	7,47
Colombia	7,92	3,40	6,97	7,09
Chile	9,13	3,91	3,51	2,28
México	9,38	4,02	10,54	4,38
Uruguay	6,85	2,94	3,70	2,74

(TIE) Calentadores eléctricos instantáneos: 3 kWh/día. (TAE) Termotanques eléctricos con acumulación: 7 kWh/día. (GN) Calefón/ Termotanque a Gas Natural: 1 m<sup>3</sup>/día (GLP) Calefón/ Termotanque a GLP: 0,3 kg/día. Duración del equipo solar: 15 años

## Análisis e impacto de los CSA en las emisiones de CO<sub>2</sub>

A la hora de estimar el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>, ***mientras más dependiente de combustibles fósiles sea la matriz energética, mayor será el ahorro que generen los CSA a nivel país y usuario.*** La Tabla 3 muestra el ahorro de emisiones CO<sub>2</sub> por país y Kwh según recurso.

Tabla 3. Factores de emisión de kgCO <sub>2</sub> por kWh uso de electricidad (1 a 6), uso de gas natural y uso de GLP.			
PAÍS (P)	VALOR	UNIDAD	FUENTE
Barbados	0,790	kgCO <sub>2</sub> /kWh elec.	(Orbit, 2018)
Brasil	0,160	kgCO <sub>2</sub> /kWh elec.	(Mitsidi, 2018)
Colombia	0,374	kgCO <sub>2</sub> /kWh elec.	(Siame, 2018)
Chile	0,770	kgCO <sub>2</sub> /kWh elec.	(Ministerio de Energía Chile, 2018)
México	0,500	kgCO <sub>2</sub> /kWh elec.	(GEI Mexico, 2018)
Uruguay	0,028	kgCO <sub>2</sub> /kWh elec.	(MIEM, 2018)
Gas Natural	2,150	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	(IPCC, 2018)
GLP	2,960	kgCO <sub>2</sub> /kg	(IPCC, 2018)

## Discusión y Conclusiones

A partir de la información analizada se plantean las siguientes recomendaciones a los fines de implementar una política a nivel país para el uso de los CSA:

- **Es necesario estimar el potencial de ahorro a nivel país y usuario esperable en base la información actual de uso de equipos convencionales de ACS.** Es decir, cuantos usuarios de ACS podrían potencialmente incorporar equipos de CSA a sus hogares a partir de estudios de tenencia de artefactos de ACS, tipo de tecnología y hábitos de uso.
- Una vez determinado ese potencial sigue el análisis sobre cómo llegar al mismo. Como primer paso, es necesario determinar la tecnología necesaria. Los requisitos tecnológicos no son los mismos para una zona templada con mucho sol (por ejemplo Barbados) que para una zona fría con poco sol (por ejemplo el sur de Chile). En ambos casos, los requerimientos de calidad son los mismos pero los de rendimiento no. Una zona cálida con mucho sol requiere un equipo menos eficiente en términos de conversión del sol en calor. Bajo estas condiciones un equipo muy eficiente estaría en una situación de sobrecalentamiento todo el tiempo, disminuyendo su vida útil. Lo opuesto sucede con un equipo poco eficiente en una zona fría de poco sol. **Entonces es necesario determinar el/los tipos de tecnología adecuada en base a la climatología local.**
- **En base a lo anterior, resulta crucial relevar la existencia de fabricantes e importadores en el mercado.** Si ya existen fabricantes locales, es una buena idea impulsarlos a través de algún programa de incentivos, provisto que los mismos fabriquen productos competitivos en calidad con la industria internacional, que la tecnología fabricada sea adecuada para la climatología local y que el beneficio tenga una durabilidad limitada en el tiempo. Si el mercado es mayormente de importación, es necesario controlar que los equipos importados cumplan con parámetros de calidad exigidos en las normas.
- Para evaluar la conformidad con respecto a las normas de calidad existen dos caminos. Por un lado, es posible utilizar infraestructura de calidad local, reali-

zando los ensayos en cada país. Por otro lado, es posible evaluar el cumplimiento de la certificación de calidad internacional tal como “Solar Keymark” o “SRCC” u otra del mismo estilo. El primer caso resulta más efectivo cuando existe algún porcentaje de fabricación local que compite con los equipos importados, dado que permite nivelar la calidad tanto de los equipos locales como de los importados. El segundo caso es más efectivo cuando la mayoría de los equipos son importados. Si el país y la población objetivo son lo suficientemente pequeñas como el caso de Barbados, puede que no sea necesaria ninguna de las otras dos opciones y que la calidad se controle directamente por la publicidad boca en boca de la tecnología. En estos casos puntuales, introducir equipos de mala calidad al mercado puede dañar irreversiblemente la percepción de la tecnología. **De esta manera, la infraestructura de calidad apropiada dependerá del tamaño de la población objetivo, de la existencia de fabricantes locales y de la exigencia de equipos certificados en las políticas de incentivos de los CSA.**

- Una correcta instalación de un CSA tiene tanta importancia como la calidad del equipo. **Es necesario formar proyectistas e instaladores con perfiles específicos y exigir que los mismos lleven a cabo los trabajos pertinentes no solo en los programas de incentivos sino también en las instalaciones particulares.**

- Del ejemplo de Barbados, resulta útil generar confianza en la tecnología a partir del uso de una “garantía de temperatura” mínima o bien de un “seguro de todo riesgo” del equipo por parte del proveedor que le permita al usuario comenzar a comprender los CSA como una tecnología confiable. **Establecer mecanismos de garantías de funcionamiento o seguros contra roturas brinda mayor confianza al usuario ante una tecnología que se percibe como novedosa.**

- **Los proyectos piloto son esenciales para evaluar los aspectos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales del uso de CSA en cada país.** Es en estas primeras experiencias que se ajustan todas las variables involucradas.

- La difusión de los programas de incentivos y de los resultados de los proyectos piloto son fundamentales a la hora de transmitir la confianza a los usuarios. **Resulta crucial acoplar una política de difusión a diferentes niveles y entre las partes involucradas (usuarios, autoridades, empresas, bancos, instituciones).**

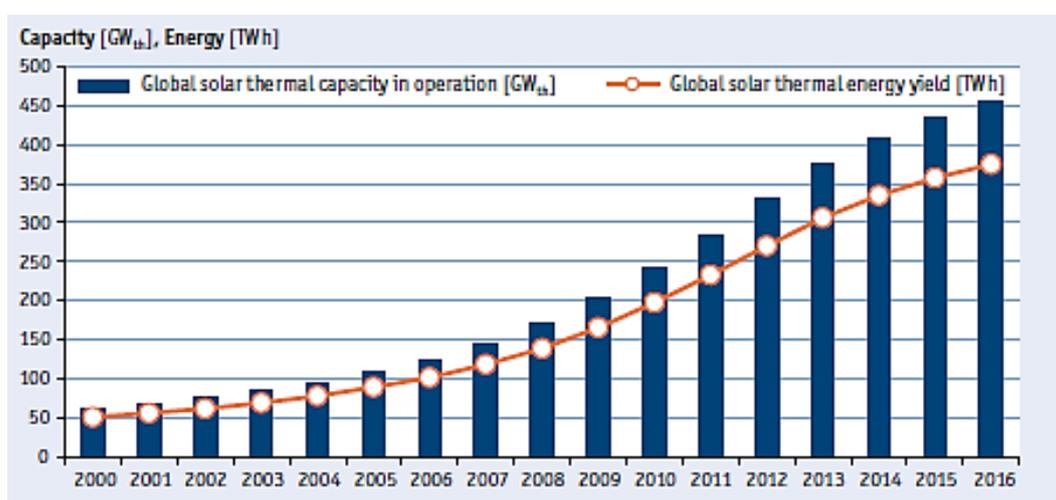
De todos los países analizados, Barbados es sin duda el que ha logrado la mayor penetración de CSA en el mercado. Si bien ha desarrollado en forma superlativa todos los incentivos y programas de difusión, es necesario resaltar que tanto el tamaño del país como la cantidad de población del mismo han permitido una cierta facilidad a la hora de difundir los resultados. En el resto de los países analizados la población es mucho mayor y a la hora de comparar resultados, Barbados podría ser una localidad dentro del resto de los países. De esta manera, no todos los resultados encontrados son aplicables o escalables directamente de un país al otro. Resulta necesario entonces identificar cuál de todos los ejemplos planteados y sobre todo que parte de ellos resulta susceptible de utilizar como experiencia a los fines de diseñar una política de promoción de los CSA.

En este trabajo se ha tratado de demostrar los diferentes grados de éxito alcanzados por las políticas de uso de los CSA llevados a cabo en seis países latinoamericanos. Haciendo un uso racional de la información es posible delinear los pasos a seguir para poder diseñar una política de promoción del uso de los CSA que lleve a la creación de un mercado de sólido y de calidad, permitiendo un ahorro económico y ambiental a nivel país.

## 1.0 Introducción

Según el informe Solar Heat Worldwide 2017 (IEA, 2017), la energía solar térmica total instalada en todo el mundo en 2015 suma 376 TWh (652 millones de m<sup>2</sup>) comparado con 51 TWh (89 millones de m<sup>2</sup>) en el año 2000 (Ver Figura 1.1). Esta sola estadística, evidencia el crecimiento que ha tenido el mercado solar térmico en los últimos 16 años. La capacidad total instalada a nivel mundial y en operación es equivalente al contenido de energía de 221 millones de barriles de petróleo anuales (REN 21, 2017). El 94% del área instalada está dedicada a la generación de agua caliente sanitaria, siendo el 68% provista por sistemas compactos unifamiliares termosifónicos, el 26% provisto por sistemas forzados (clubes, hoteles, etc.), el 4% provisto por colectores para uso de piscina en verano (unglazed) y el restante 2% fue provisto por sistemas forzados que atienden climatización y agua caliente sanitaria (combi systems).

**Figura 1. 1. Crecimiento de la capacidad instalada de colectores solares desde el año 2000 hasta el 2016 en GWth, y de la energía generada en TWh.**



Si bien esta tendencia se da a nivel mundial, el crecimiento de la tecnología solar térmica no fue parejo en las diferentes partes del mundo. El crecimiento mundial esencialmente está liderado por Asia y Europa con algunos actores Latinoamericanos.

El avance de esta tecnología en los diferentes países tiene que ver con múltiples causas que incluyen, entre otras, políticas de incentivos, calidad del equipamiento, fabricación local, capacidad de generación de empleo, ahorro por desplazamiento de combustible, costumbres de uso y actividades de difusión. Las verdaderas razones que impulsan el mercado solar térmico surgen de analizar cada país en detalle. En la mayoría de los casos, el impulso de la energía solar térmica tuvo su primer auge durante la crisis del petróleo de los años 70, que fue aplacado posteriormente con la disminución del uso del petróleo y la diseminación de recursos como el gas natural o el GLP. Por otro lado, una importante cantidad de países Latinoamericanos todavía posee una fuerte dependencia de los combustibles fósiles en su matriz energética. Este hecho resulta cada vez más importante no solo desde lo ambiental sino también desde lo comercial, ya que deben importar estos recursos para la generación de energía. A la hora de buscar alternativas a la importación de combustibles fósiles, la energía solar térmica aparece

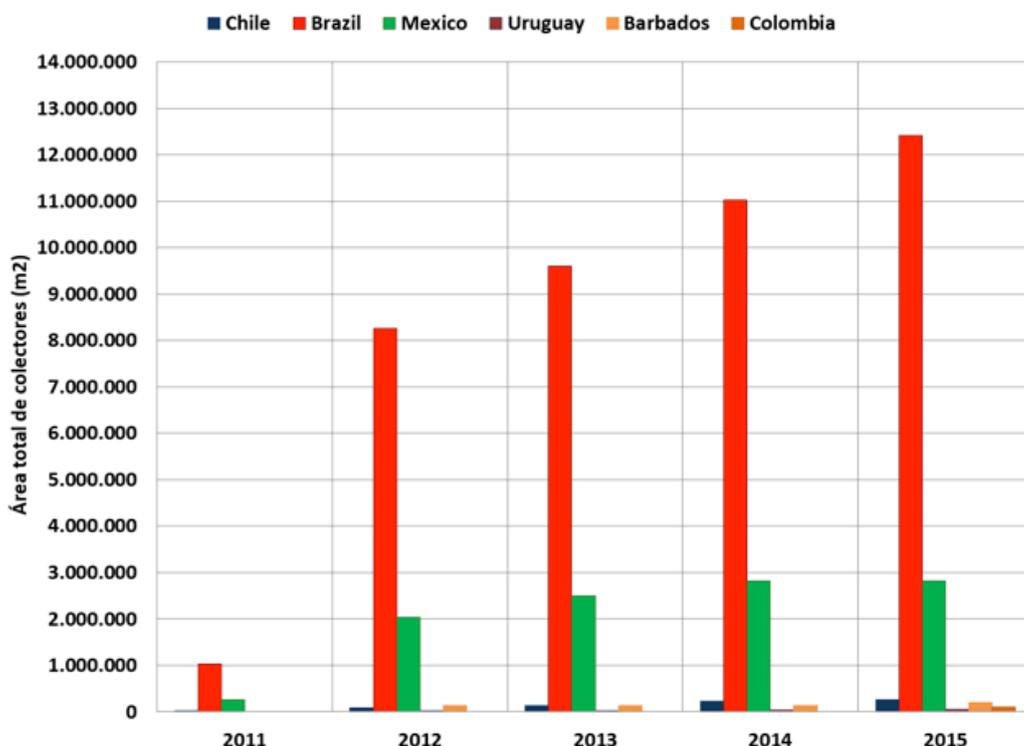
como una opción más que interesante. Adicionalmente, el creciente interés por el desarrollo de acciones de mitigación contra el cambio climático y la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> que cada país ha comprometido, son también motivos importantes para impulsar la energía solar térmica. Finalmente, en aquellos países en donde predomina el uso de calentadores eléctricos, se busca bajar la incidencia del uso de electricidad para el calentamiento de agua de manera de no exigir al sistema interconectado y evitar crisis energéticas. No obstante, el correcto desarrollo de la tecnología solar térmica a nivel local no resulta tan sencillo. El desconocimiento de la tecnología, la percepción de la seguridad de funcionamiento, la disponibilidad de tecnología de calidad fabricada localmente y el alto costo inicial, son factores que inciden al momento de definir la promoción del uso de calentadores solares de agua (CSA). De esta manera, el desarrollo de la energía solar térmica en Latinoamérica está muy relacionado con características locales y su grado de evolución es diferente en cada país.

En este trabajo se investigan y desarrollan las características del mercado solar térmico y el grado de avance y penetración del mismo en seis países de Latinoamérica, a saber: Barbados, Brasil, Chile, Colombia, México y Uruguay.

Cada uno de ellos posee un mercado de calentadores solares de agua (CSA) que ha evolucionado con diferentes grados de éxito. El presente trabajo describe la información referente a esos mercados e identifica aspectos claves que pueden ser aplicados al desarrollo de un mercado solar térmico a nivel local o nacional.

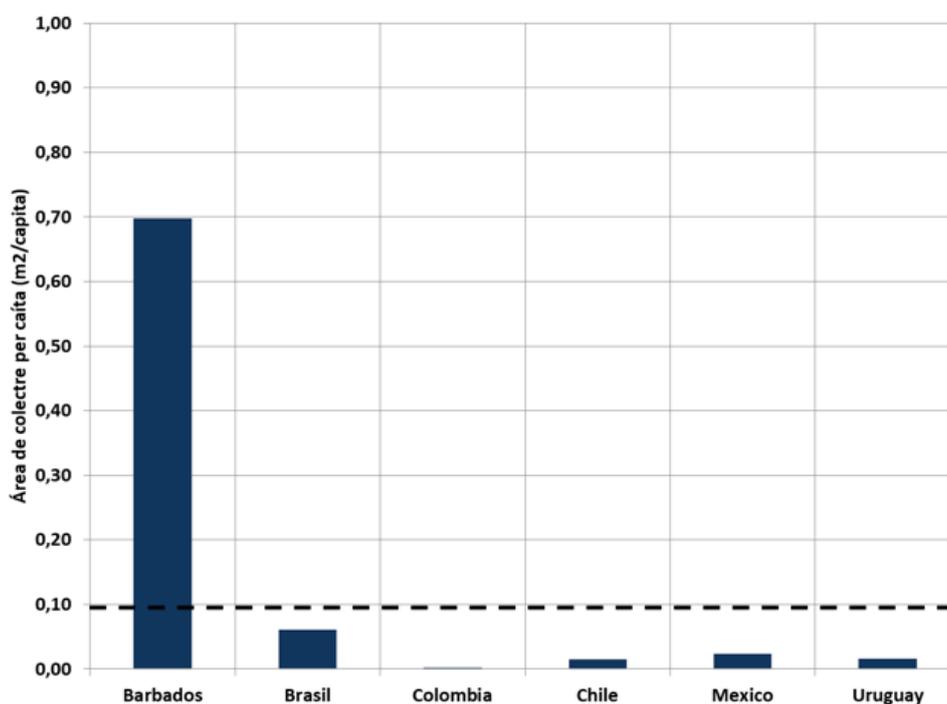
Con el fin de introducir la evolución de los países de estudio, en la Figura 1.2 se muestra el área total de colectores solares instalados entre el año 2011 y 2015 en los países en estudio.

**Figura 1. 2. Área total de colectores (en m<sup>2</sup>) instalada en los seis países de estudio. Elaboración propia.**



Del análisis de la misma surge que Brasil es el que mayor área de calentadores solares de agua (CSA) instalada posee, seguido por México. En tercer y cuarto lugar se ubican Chile y Uruguay y finalmente tenemos a Barbados y Colombia. Sin embargo, el dato de superficie instalada no informa sobre el grado de penetración de esta tecnología en cada país. Para ello es mejor recurrir al área de calentadores solares de agua (CSA) instalada per cápita en cada país, como se muestra en la figura 1.3.

**Figura 1. 3. Área de colectores instalada per cápita en los seis países de estudio. Elaboración propia.**



A partir del análisis de la figura 1.3 surge que el país que mayor grado de penetración de la tecnología solar térmica se da para Barbados con casi 0,7 m<sup>2</sup> per cápita, seguido de Brasil con 0,06 m<sup>2</sup> per cápita y el resto de los países se ubican entre 0,01 y 0,02 m<sup>2</sup> per cápita.

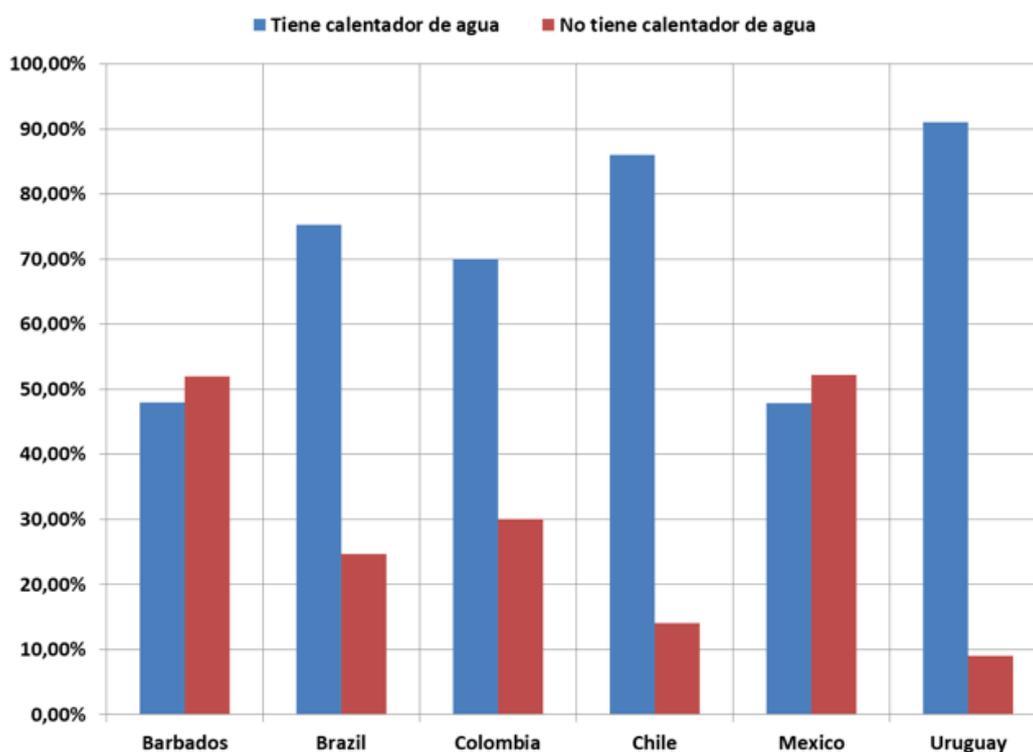
Esta información permite identificar cuál es el impacto real de la tecnología en su contexto local. El área total indica el volumen del mercado, mientras que el área per cápita permite identificar la penetración de esa tecnología en su contexto local y nacional. Si bien es cierto que Brasil o México poseen un área total instalada notablemente mayor que Barbados, también es cierto que su población es sustancialmente mayor, y que por tanto alcanzar el grado de penetración de la tecnología que posee Barbados requerirá que Brasil y México instalen 11 veces más y 31 veces más, respectivamente, el área de colectores que poseen instalada actualmente.

Por otro lado es necesario resaltar que los CSA, complementan y a la vez compiten con los

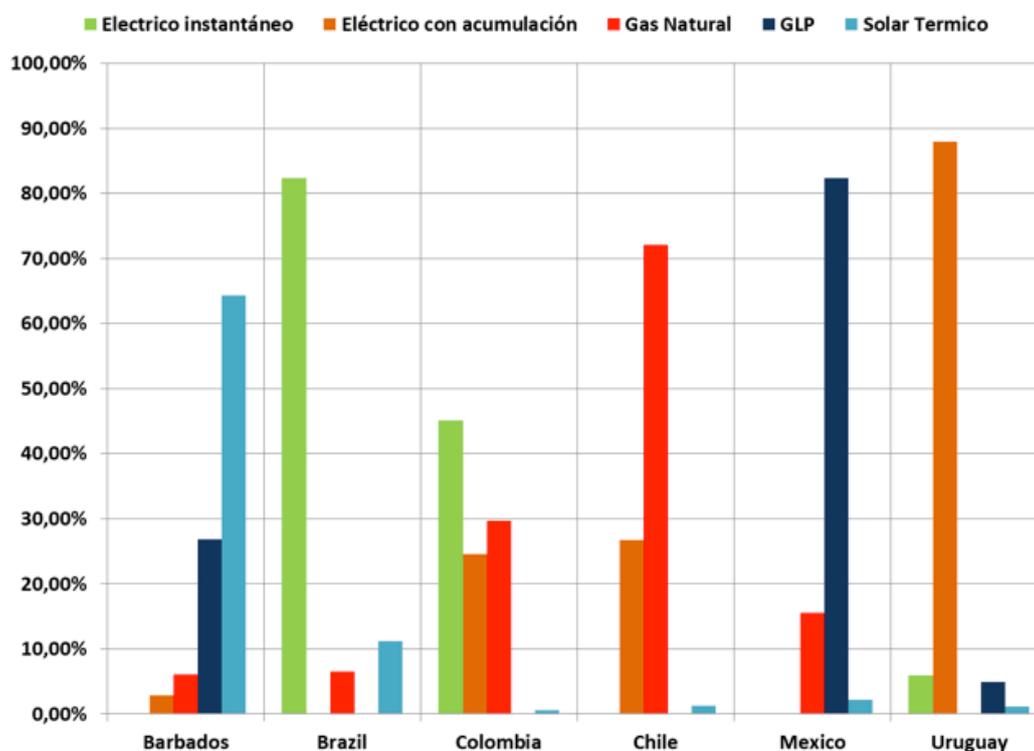
equipos convencionales que se utilizan hoy en día para el calentamiento del agua. Los mismos se basan en el uso del gas, o bien de la electricidad, quedando relegados otros recursos como la leña y la biomasa a situaciones específicamente locales. Conocer la distribución del uso de los artefactos convencionales de calentamiento de agua en la población permite identificar y cuantificar el uso de energía destinado a ese fin, así como también identificar datos del mercado específico de calentamiento de agua y estimar cuáles son los ahorros tanto económicos como de emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de la incorporación de tecnología solar térmica. En base a estos datos, es posible delinear políticas de promoción de la tecnología solar térmica, no solo teniendo en cuenta el factor ambiental sino también el desarrollo de un mercado local de calidad en lo que refiere a CSA.

La figura 1.4 muestra el porcentaje de los hogares de cada país de estudio que posee un equipo de calentamiento de agua sanitaria de algún tipo. La figura 1.5 muestra la distribución del tipo de equipo de calentamiento de agua utilizado en los países de estudio.

**Figura 1. 4. Proporción de hogares que cuentan o no con equipos de calentamiento de agua sanitaria, por país de estudio. Elaboración propia.**



**Figura 1. 5. Distribución de artefactos para el calentamiento de agua sanitaria en los países de estudio. Elaboración propia<sup>2</sup>.**

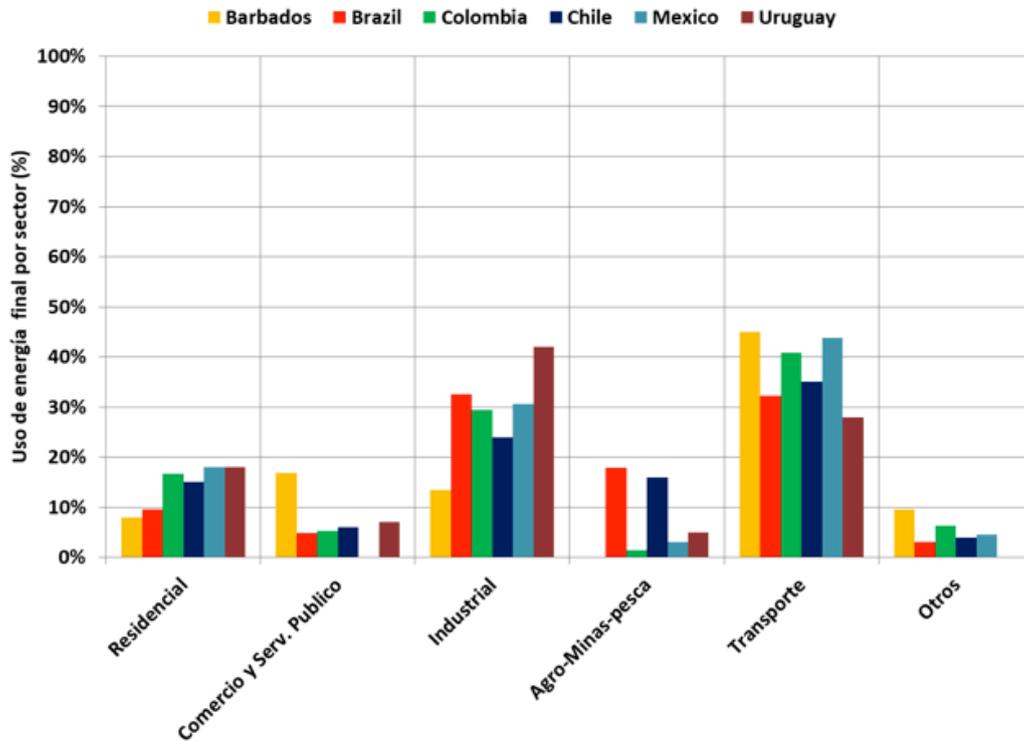


Del análisis de la figura 1.5, es posible identificar cuáles son los productos energéticos sobre los cuales impactará cualquier política de promoción de energía solar térmica. Tanto en Barbados como en México, el producto energético a reemplazar o complementar es el GLP, mientras que en Chile es el gas natural, en Brasil y Uruguay es la electricidad y en Colombia es mayormente electricidad y gas natural.

Previo a desarrollar el mercado solar térmico en cada país de estudio, es interesante comparar la participación sectorial en el consumo final de energía.

<sup>2</sup>Para estimar el número de equipos solares térmicos, se utilizaron las áreas de colectores instalados y el área típica de un CSA para cada país según el informe de la IEA. Para el caso de Colombia que no reporta datos se estimó en 2 m<sup>2</sup> por equipo. Para el caso de Barbados, en el último censo de 2010, solo indica si la vivienda posee un CSA o bien otro equipo. No discrimina por el tipo de equipo no solar utilizado. Para poder establecer una distribución comparable con el resto de los países, se consideró que los artefactos de calentamiento no solares poseen la misma distribución que los energéticos utilizados en la cocción.

**Figura 1. 6. Participación sectorial del consumo final de la energía en los países de estudio. Elaboración propia.**



Del análisis de la figura 1.6 se observa que la participación del sector residencial es similar para todos los países. La mayor diferencia se encuentra en los sectores industriales y Agro (factor que indica el grado de industrialización del país), siendo el sector transporte similar en todos los casos.

Si bien el consumo de energía en el sector residencial es similar, la incidencia de la energía consumida para calentar agua sanitaria no lo es, dado que depende de la tecnología preponderante en cada uno de los países.

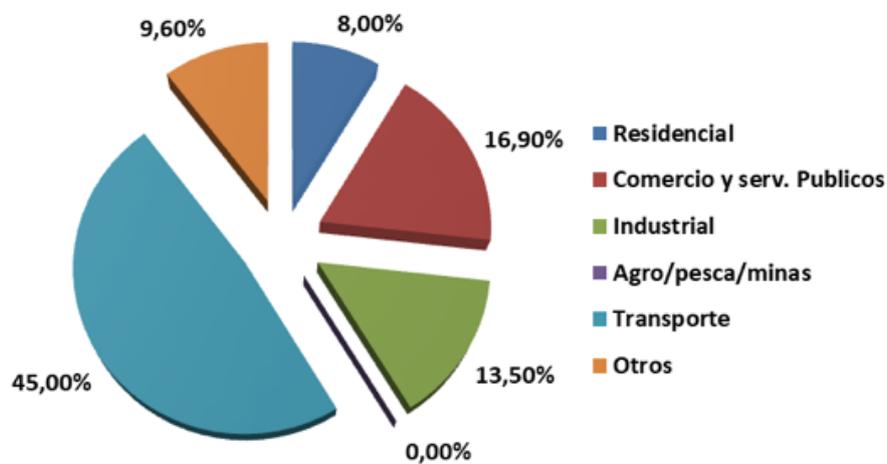
El entendimiento del uso del agua caliente sanitaria en cada país, la dimensión del mercado de CSA y su grado de penetración, sus políticas de promoción, de calidad de producto y de difusión, permitirán identificar aspectos claves a imitar y a evitar en el desarrollo del mercado de CSA en cualquier país de América Latina. Por esto resulta necesario que en los próximos capítulos se desarrollen aspectos específicos de cada país relacionados con la energía solar térmica.

## 2.0 Barbados

### 2.1 Contexto energético Barbados

Barbados tiene una población aproximada de 284.996 habitantes y una superficie de 431 km<sup>2</sup> con un acceso a la electricidad prácticamente del 100% (Hohmeyer, 2015). De acuerdo con el último censo de población<sup>3</sup> la cantidad total de hogares en Barbados es de 94.173, de los cuales el 48% posee o bien un calentador solar o bien otro sistema de calentamiento de agua. A pesar de poseer muchos proyectos de electricidad renovable y de ser productor de petróleo y gas natural, Barbados no posee plantas de refinamiento, lo que obliga al país a importar el combustible. La mayor parte de energía eléctrica se genera a partir de ciclos térmicos con Fuel Oil (74%), Kerosene (17,4%), Bagazo (5,6%), Diesel (2,2%) y Gas Natural (2%), con un leve aporte de un 0,6% de Solar Fotovoltaica (BME, 2017). Toda la energía eléctrica es generada por una sola compañía: Barbados Light and Power (BLP). Como se muestra en la figura 2.1, el sector residencial representa aproximadamente el 15% del uso final de la energía en Barbados (BME, 2017). Esta dependencia de la importación de combustibles genera una volatilidad en los precios de la energía eléctrica y por este motivo, Barbados está fuertemente enfocado en promover las energías renovables. En lo que refiere CSA, Barbados es uno de los países con mayor penetración de mercado, con aproximadamente 0,7 m<sup>2</sup> de colectores solares per cápita (IEA, 2017).

**Figura 2. 1. Uso final de la energía en Barbados.**



<sup>3</sup> [http://www.barstats.gov.bb/files/documents/PHC\\_2010\\_Census\\_Volume\\_1.pdf](http://www.barstats.gov.bb/files/documents/PHC_2010_Census_Volume_1.pdf)

## 2.2 Proyectos Piloto

En la década de los 70, los precios de la electricidad en Barbados se cuadruplicaron desde \$0,10 Dólares Barbadienses en 1974 hasta \$0,35 Dólares Barbadienses en 1984 (BREA, 2017). Las facturas de electricidad de BLP utilizan un precio base y un ajuste mensual de tarifa basado en el precio del crudo “BrenSea”. Si bien el precio base permaneció casi invariante, el ajuste mensual repercutió directamente en el importe de la tarifa. Buscando modos de bajar la cuenta eléctrica de la Iglesia, en 1973 el canónigo Andrew Hatch construyó un CSA a partir de un tambor viejo de petróleo y otros elementos disponibles para obtener agua caliente para la iglesia que funcionaba como un gran centro social. Una empresa identificó esta actividad como una gran oportunidad de marketing comercial e inmediatamente se instaló en la isla y pronto tuvo la oportunidad de demostrarle los beneficios de los CSA al primer ministro, instalándole una unidad en su casa. El primer ministro quedó maravillado con el ahorro y ante esa evidencia y como medida para fomentar el uso de la tecnología se crearon diversos incentivos que fueron el punto de partida de promoción de los CSA.

## 2.3 Programas de incentivos

Los incentivos al consumo y a la fabricación, creados a partir de la experiencia piloto se fueron sumando a lo largo de los años y siguen vigentes al día de hoy (BREA, 2017):

**2.2.1 Incentivos Fiscales.** En 1974 se impuso un impuesto del 30% a los calentadores eléctricos y a gas, incrementando los precios de los mismos, para hacer más competitivos los precios de CSA y además se introdujo una exención impositiva para la importación de insumos para la producción local de CSA que ayudó a reducir el costo del producto en un 20%.

**2.2.2 Obligatoriedad de CSA en construcciones públicas.** En 1977 se impuso la obligación de la instalación de CSA en nuevas construcciones públicas.

**2.2.3 Beneficios impositivos para dueños de casa (Homeowner tax benefit).** Desde 1980 hasta 1992 se instaló otro beneficio en donde el total del costo de la instalación de un CSA era deducible de impuestos hasta un máximo de U\$ 1.750. Este incentivo se detuvo en 1992 como parte de un proceso de reestructuración del gobierno y la recesión económica.

**2.2.3 Beneficios impositivos mejorados para dueños de casa (Homeowner tax benefit improved).** En 1996 el beneficio fue reinstaurado con algunas modificaciones. El dueño de la casa puede deducir hasta U\$ 1.750 de impuestos anuales de cualquier mejora del hogar, reparaciones, renovaciones y medidas de eficiencia energética e instalación de CSA.

## 2.4 Certificación

Barbados no posee organismos de certificación acreditados para actuar como tales en CSA. Tampoco posee reglamentos o procedimientos de certificación de productos referidos a CSA. La entidad encargada de la acreditación es el Instituto Nacional de estandarización de Barbados (Barbados National Standard Institute)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> <http://www.bnsi.bb>

## 2.4.1 Normativa

En la tabla 2.1 se muestra la normativa referida a los CSA vigente en Barbados:

<b>Tabla 2. 1. Normativa relacionada con CSA en Barbados.</b>	
<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
BNS 147:1983	Specification for Methods of Thermal Testing of Flat Plate Collectors - contents: a. Scope – describes the test methods of thermal performance of flat plate solar water collectors, and in particular, thermal losses, collector time constant and thermal efficiency. b. Definitions c. Theory d. Experimental Conditions e. Experimental Procedure f. Test Results g. Reporting format.
BNS CP 20:1983	Code of Practice for Solar Heating Systems for Domestic Hot Water. - contents: a. Scope – deals with Solar Heating Systems having a flat plate collector for heating water, for domestic purposes in single family dwellings. b. Basic principles of solar water heaters c. Design Considerations d. Installation e. Thermal performance.

Ambas normas son de aplicación voluntaria y no obligatoria y son más una referencia que una norma exigible. Las mismas se encuentran vigentes y están basadas en normas ASHRAE.

## 2.5 Actividades de difusión

Dada las características especiales de Barbados en cuanto a su población y clima, las estrategias de difusión son bastante diferentes de las del resto de los países de Latinoamérica. Para poder explicar mejor las estrategias, resulta necesario realizar un breve repaso de la evolución del mercado de CSA en Barbados.

Con la aplicación del primer incentivo en 1974 basado en las primeras experiencias de CSA realizadas por un canónigo en la iglesia, un emprendedor vio el potencial y fundó la empresa Solar Dynamics<sup>5</sup> para fabricar CSA en Barbados. Uno de los primeros clientes que probó el uso de CSA por recomendación del canónigo fue el primer Ministro de Barbados. Al ver éste que ahorra el 70% de su electricidad, él mismo comenzó a realizar difusión y publicidad del sistema en su círculo cercano. Éstos a su vez a otros y así avanzaba la publicidad boca en boca y persona a persona acerca de los beneficios de los CSA. Más adelante en 1980 cuando agregaron la obligatoriedad en nuevas construcciones del estado, las instalaciones subieron desde 900 hasta 2800 por año en 1989 y surgieron dos empresas como competencia, a saber, SunPower<sup>6</sup> y AquaSol<sup>7</sup>. Dado que los ahorros que generaban los CSA se notaban fácilmente en la cuenta eléctrica a fin del mes, la gente comenzó a confiar en la tecnología. Para

<sup>5</sup> <http://www.solardynamicslimited.com/>

<sup>6</sup> <http://www.sunpowr.com/>

<sup>7</sup> No posee sitio web disponible: Aqua Sol Componentes Ltd.

lograr esa confianza, hubo una estrategia por parte de las compañías que operaban en Barbados que se basó en garantizar una cierta temperatura de agua: Si el CSA no alcanzaba la temperatura garantizada, se ofrecía un reembolso del 100%. En esa época otros países del caribe como Jamaica habían experimentado el uso de CSA con relativamente poco éxito y existía una desconfianza generalizada acerca de las funcionalidades de los mismos (La principal razón de ella se relacionaba más con la calidad y prestaciones del producto que se comercializaba en Jamaica, más que con las prestaciones de la tecnología en sí). Con todos los incentivos vigentes, el costo inicial del equipamiento seguía siendo una barrera para la masificación de los CSA. Para sortear la misma, las instituciones financieras, crediticias y distribuidores ofrecieron soporte financiero hasta 3 años, equiparando así el tiempo de amortización del equipo con el de uno convencional (Bugler, 2012).

Si bien Barbados no posee un esquema de certificación de los CSA, los fabricantes enviaron los equipos al SRCC (Solar Rating Certification Corporation)<sup>8</sup> de Florida para obtener un certificado que acredite la calidad del equipo. Las 3 compañías aprobaron todas las pruebas de calidad y seguridad. Dicho de otra manera, el mercado poseía y posee productos de buena calidad sin ningún sistema de evaluación de la conformidad en vigencia. Dada la cantidad de población en Barbados, si los productos fuesen de mala calidad, la noticia habría corrido rápidamente y el mercado no se hubiera expandido como lo hizo. Gracias a los esfuerzos de estas compañías en utilizar productos de calidad, se obtuvo una divulgación casi perfecta, casi individual acerca del uso de los CSA.

Sumada a esta ardua tarea de las empresas, el estado organizó cursos de capacitación para instaladores y elementos de promoción para informar a los usuarios no solo acerca de los beneficios de los CSA sino de las exenciones impositivas para los usuarios.

## 2.6 Resultados

Al día de hoy, Barbados cuenta con casi 200.000 m<sup>2</sup> de colectores solares instalados. Dada la gran dependencia de combustibles importados de la matriz energética de Barbados, los beneficios del uso de CSA fueron percibidos casi inmediatamente.

Actualmente el mercado solar térmico de Barbados se encuentra un poco saturado y las compañías allí establecidas se han convertido en proveedores de otros países del caribe. Adicionalmente estos avances en conjunto con las demás políticas de renovables que lleva adelante el país han llevado a la creación y consolidación de la Asociación Barbadiense de Energías Renovables (BREA)<sup>9</sup>, una organización sin fines de lucro creada en 2013 cuya misión es promover el uso de las energías renovables en el país y articular los actores público-privados, aunque la misma está principalmente orientada a la generación eléctrica renovable y eficiencia energética<sup>10</sup>.

La línea base de la dependencia de los recursos fósiles combinada con una capacidad de

---

<sup>8</sup> <http://www.solar-rating.org/>

<sup>9</sup> <http://brea.bb/>

<sup>10</sup> De hecho, entre sus miembros no figura ninguno de los tres fabricantes de CSA de Barbados. No obstante, la BREA realiza muchas actividades de difusión que incluyen los CSA.

acción rápida para incentivar los CSA (debido esencialmente a la extensión del país y a la cantidad de población), sumado a la fabricación local de productos de calidad han sido sin duda la fórmula de éxito de Barbados en lo que refiere a CSA. Fuera de cualquier sistema de certificación formal, la garantía de la temperatura de los equipos y el contacto personal con los fabricantes e instaladores permitió una alta penetración de los CSA y un mayor grado de compromiso por parte de los proveedores. Estas estrategias resultan poco viables en países con mayor cantidad de habitantes y es necesario innovar en estrategias acordes a la realidad de cada país.

## 3.0 Brasil

### 3.1 Contexto energético Brasil

De acuerdo con el último censo de población<sup>11</sup>, Brasil posee una población de 208.974.078 personas (IBGE, 2018) y aproximadamente unos 69.600.000 hogares (IBGE, 2018), en los cuales habita un promedio de 3,0 personas por hogar (Brecht, 2016) y el 86% son casas. La mayor parte del norte de Brasil no posee calentadores de agua, entre otros factores, por los beneficios de su clima (Brecht, 2016). En la región norte, la temperatura promedio anual oscila entre 20°C y 28°C y un 90% de los hogares no calientan el agua, mientras que en la zona centro sur las temperaturas oscilan entre 10°C y 20°C y el 98% de los hogares poseen calentadores de agua (Brecht, 2016). De esta asimetría entre norte y sur se obtiene que el 75,3% de los hogares poseen calentadores de agua y el 24,7 % no poseen (Brecht, 2016). El 91,5% de ellos cuenta con calentadores eléctricos, un 7,2% posee calentadores a gas y el 1,3% posee otro tipo. Estos calentadores de agua son mayormente de tipo instantáneos y eléctricos sin acumulación de una potencia media de 3 kW (También conocidos como “chuveiros”) (Brecht, 2016). La mayor distribución de calentadores eléctricos y por ende el mayor consumo se da del centro hacia el sur de Brasil y esta distribución concuerda con la población de mayor poder adquisitivo (Brecht, 2016). Aproximadamente, más del 60% de la población de Brasil habita en la zona centro sur (Brecht, 2016). Por otro lado el 90% de la población sur-sudeste tiene acceso a agua potable y cloacas mientras que solo el 21% posee acceso en la región norte (Brecht, 2016). De acuerdo con la distribución de equipos mencionada, el total de calentadores eléctricos asciende a 47.430.000 de unidades y un consumo simultáneo de 108.140 MW<sup>12</sup> de potencia eléctrica, difícil de manejar para cualquier sistema eléctrico. Las tendencias de uso de los mismos en Brasil, generan una sobrecarga sobre el sistema eléctrico traducido en picos de demanda de energía eléctrica entre las 7 y las 8 de la mañana, y las 18 y 20 por la tarde (Brecht, 2016).

De acuerdo con la asociación Brasileña de Refrigeración, Aire acondicionado, Ventilación y Calentamiento (ABRAVA), los 48 millones de “chuveiros” existentes en Brasil, calientan aproximadamente 150 millones de litros de agua por día, generando una presión importante sobre el sistema eléctrico (GIZ, 2016).

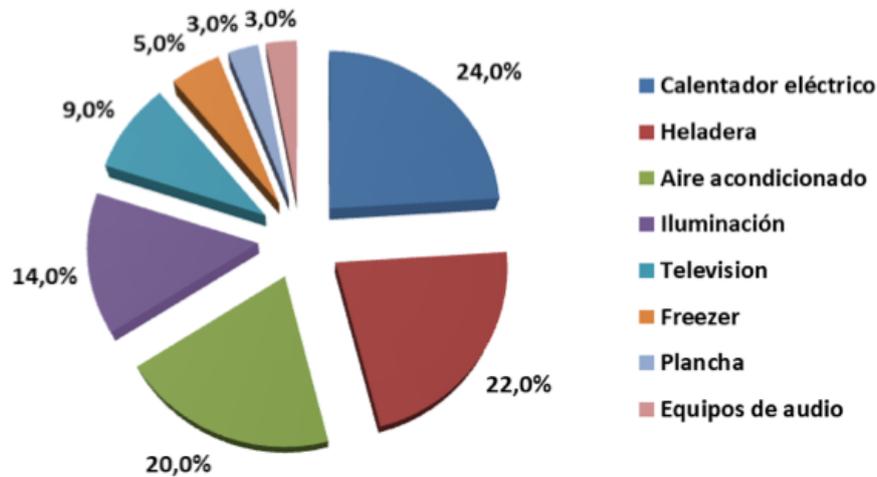
Del uso de la energía eléctrica en Brasil, un 9,60% corresponde al sector residencial. El uso de electricidad final del sector residencial en la zona norte es del 15% mientras que es del 28% para el resto del país, esencialmente debido al uso de calentadores de agua eléctricos. Tomando el promedio a nivel país y eliminando la diferencia de tendencias entre Sur y Norte, los responsables de más del 60% del uso final de la electricidad a nivel residencial pueden atribuirse a 4 equipos (Brecht, 2016) y se muestran en la figura 3.1:

---

<sup>11</sup> <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=destaques>

<sup>12</sup> Considerando que el 76% de los equipos son eléctricos y consumen una potencia media de 3 kW y se encienden todos al mismo momento.

**Figura 3. 1. Uso residencial de la electricidad en Brasil (Brecht, 2016). El calentador para agua caliente es el primer consumo eléctrico a nivel residencial.**



Los picos de consumo generado por los “chuveiros”, la falta de lluvias en la década del 2000 (Una gran parte de la energía de Brasil proviene de hidroeléctricas) y el aumento de la población y la industria generaron una crisis energética que generó fenómenos denominados “Apagones” (Brecht, 2016). Estos fenómenos impulsaron Brasil a rediseñar su política energética y como consecuencia surgieron varios programas que apuntaron al uso de eficiencia energética, etiquetado de eficiencia energética de productos, establecimiento de requisitos mínimos de eficiencia energética y la incorporación de fuentes renovables de energía (Brecht, 2016). Puntualmente, el “Plan nacional de eficiencia energética 2030” fue aprobado en 2011<sup>13</sup> y busca disminuir un 10% el consumo de energía eléctrica antes del 2030. En el marco del mencionado plan, la energía solar térmica busca disminuir el pico de consumo eléctrico producido por los calentadores en las horas pico.

En lo que refiere a la energía solar térmica, Brasil posee el mercado más grande de Latinoamérica. Después de un par de décadas de lento desarrollo se logró incrementar la producción anual de colectores solares desde 50.000 m<sup>2</sup> en 1985, a 500.000 m<sup>2</sup> en 2001 (Brecht, 2016), aumento que ocurrió como respuesta a una crisis energética motivada, entre otros factores, por el uso masivo del calentador eléctrico instantáneo de agua. Hoy en día existen al menos 100 fabricantes locales con un volumen de producción anual total de 1.380.000 m<sup>2</sup> y que ha permitido alcanzar más de 13 millones de m<sup>2</sup> de calentadores solares instalados en el país al 2016 (IEA, 2017).

<sup>13</sup> Portaria N°594 oficial de Brasil: [http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-594-2011\\_233482.html](http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-594-2011_233482.html)

## 3.2 Proyectos Piloto

Uno de los pioneros en promover el aprovechamiento de la energía solar fue el estado federal de São Paulo, que desde julio de 2008 hizo obligatorio el uso de la energía solar térmica para calentar el agua en edificios nuevos (residenciales y no residenciales) y los que se sometían a renovación por ley. Sin embargo, hasta ese entonces no existía una estrategia nacional de promoción para el uso de la energía solar térmica en los sectores potenciales de aplicación (vivienda, industria, turismo), ni se contaba con proyectos demostrativos en las diferentes áreas potenciales [4]. Al año 2015, se estima que la ordenanza solar de São Paulo ha permitido la instalación de 110.000 m<sup>2</sup> de colectores<sup>14</sup>.

Por otro lado, en 2008, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU), la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GIZ) implementó el Proyecto “1.000 Techos Solares” ejecutado entre el 2009 y el 2013, con el objetivo de que en ciertas regiones de Brasil y en diversas industrias y campos de aplicación, los CSA se utilicen como una alternativa ambientalmente amigable y energéticamente eficiente para el calentamiento de agua (INFONAVIT-GIZ, 2015). El proyecto concluyó en el año 2013 y puede ser reconocido como un proyecto extremadamente exitoso. A través del mismo, en Río de Janeiro se construyeron las primeras 496 viviendas de interés social con calentadores solares de agua a través del proyecto de demostración “Mangueira”, el cual fue financiado por el banco de desarrollo brasileño CAIXA con la cooperación de la GIZ (INFONAVIT-GIZ, 2015).

A partir de las experiencias técnicas e institucionales positivas del proyecto piloto “1000 techos solares”, se constituyó la base del financiamiento del programa “Minha Casa Minha Vida - MCMV” que sigue vigente hoy en día y se explicará en detalle más adelante. Este programa fue y es el primero en promover el uso de energía solar térmica en viviendas sociales. Desde 2009 hasta 2014 se entregaron 1,7 millones de viviendas en el marco de este plan, siendo obligatorio la incorporación de CSA desde el 2012.

A partir de los diferentes sistemas de promoción nacional que estableció Brasil, tales como MCMV, otros proyectos demostrativos como “1.000 Techos Solares” y diferentes leyes y resoluciones estatales como la de São Paulo y Río de Janeiro fue necesario comenzar a trabajar en asegurar toda la cadena de valor de los sistemas solares térmicos, exigiendo tanto productos como instalaciones certificadas, reforzando el trabajo de certificación que se realizaba en forma voluntaria desde 1996 a través de la creación de diferentes programas.

## 3.3 Programas de incentivos

### 3.3.1 Minha Casa Minha Vida (MCMV).

---

<sup>14</sup> <http://www.solarthermalworld.org/content/brazil-impact-sao-paulo-solar-obligation>

Es un programa de créditos nacional para viviendas dirigido a familias de hasta 1600 Reales (U\$ 588) de renta bruta. Desde 2012 es obligatorio el uso de solar térmica para unidades unifamiliares, y opcional para multifamiliares. Los costos cubiertos se limitan hasta 2000 reales (U\$ 610 aprox.) incluyendo equipo e instalación. El financiamiento es otorgado por CAIXA (Banco estatal)<sup>15</sup>.

Los equipos financiados deben estar conforme a los requisitos de evaluación de la conformidad exigidos por INMETRO (más adelante se explican las incumbencias de INMETRO en los procesos de certificación), e instalado según las recomendaciones de ABRAVA y ABRASOL preferentemente por una empresa o profesional acreditado con el sello “QUALISOL” (más adelante se explica este sello).

El resto de los programas de incentivos de Brasil, se basan en regulaciones locales, bien municipales o estatales, pero en todas ellas, se exigen los mismos requisitos que en el programa MCMV.

### 3.4 Certificación

El crecimiento del mercado en sus inicios, se caracterizó por instalaciones de sistemas no certificados debido a la diferencia de precios y calidad entre lo nacional y lo importado. Por este motivo, los fabricantes nucleados en ABRAVA (Asociación Brasileña de Refrigeración, Aire Acondicionado, Ventilación y Calentamiento), actualmente ABRASOL, tomaron la iniciativa de elaborar estándares de calidad y normativas asociadas con el fin de definir criterios de evaluación de la conformidad y exigir una certificación voluntaria de normas. Si bien algunos fabricantes optaron por diferenciarse por la certificación a partir de su implementación voluntaria en 1996, el mercado no reaccionó inmediatamente a este hecho y prevaleció la práctica de instalar sistemas no certificados debido a la diferencia de precios. No obstante, la cantidad de fabricantes que decidieron diferenciarse certificando sus productos fue creciendo, y conforme esa tendencia se consolidaba, los fabricantes comenzaron a movilizarse para exigir la certificación obligatoria de todos los productos (importados y nacionales) y políticas nacionales de fomento a aquellos productos certificados. Desde entonces y al 2016, el esquema de certificación que funciona en Brasil<sup>16</sup> ha logrado reunir 33 fabricantes certificados y 284 tipos de CSA (GIZ, 2016).

El encargado de definir los requisitos, acreditar laboratorios y organismos certificadores de productos solares térmicos en Brasil es el Instituto Nacional de Metrología de Brasil (INMETRO). Además de ser el ente de metrología de Brasil, INMETRO tiene en sus atribuciones

---

<sup>15</sup> <http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/paginas/default.aspx>

<sup>16</sup> Si bien hay más de 100 fabricantes, no todos ellos estaban certificados a fines del 2017. En 2018 entró en vigencia la resolución 301 de INMETRO que exige la obligatoriedad de certificación por organismos acreditados de certificación para todos los equipos del mercado solar térmico de Brasil y su registro en la base de INMETRO. De esta manera, aquellos que estaban certificados a fines de 2017 son aquellos que o bien lo realizaron en forma voluntaria o bien como requisito de participación en los programas de promoción de la energía solar térmica en Brasil.

legales, establecer los criterios y directrices para las actividades de evaluación de la conformidad, incluyendo los requisitos y los métodos de ensayo<sup>17</sup>. En la mayoría de los países, la entidad normalizadora, la entidad acreditadora y la entidad certificadora son independientes entre sí, garantizando la imparcialidad en su accionar. En este caso, una sola institución en Brasil opera como las tres. A priori esto puede resultar un obstáculo, pero el caso de Brasil ha demostrado lo contrario.

En 2012, el INMETRO, en acuerdo con ABRAVA y otras instituciones estableció la Resolución 301<sup>18</sup> exigiendo la obligatoriedad de la certificación de todos los equipos solares térmicos del país para 2015, conforme a los requisitos técnicos de calidad establecidos en la resolución. Por pedido de los fabricantes y las capacidades de ensayo del país y a través de la Resolución 352/2012 y 58/2017, el plazo fue ampliado hasta diciembre de 2017 o bien 65 meses a partir de abril de 2012<sup>19</sup>.

En Brasil existen dos laboratorios acreditados bajo la norma ABNT NBR ISO/IEC 17025<sup>20</sup> para realizar las pruebas a los CSA:

- Instituto de Pesquisas Energéticas (Laboratório de Instalações Prediais e Saneamento - LIP), del Centro Tecnológico do Ambiente Construído (CETAC) de Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)<sup>21</sup> ubicado en Sao Paulo.
- Grupo de Estudos em Energia (INSTITUTO POLITECNICO – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS)<sup>22</sup>, ubicado en Minas Gerais.

El órgano encargado de reconocer formalmente la competencia de los laboratorios es la Coordinación General de Acreditación, anclada en la estructura del INMETRO.

Hasta el 2015, todas las importaciones debían ser probadas en laboratorios ubicados en Brasil, bajo las normas propias del país. Esta práctica tenía como consecuencia garantizar el mercado suficiente para los laboratorios de pruebas solares, que por tener una demanda constante podían fortalecer sus capacidades. Sin embargo, también tenía repercusiones negativas. Brasil es un mercado maduro que cuenta con más de 100 compañías productoras de CSA y únicamente con 2 laboratorios de pruebas, desproporción que generaba un obstáculo para la certificación (GIZ, 2016).

---

<sup>17</sup> <http://www.inmetro.gov.br/inmetro/oque.asp>

<sup>18</sup> <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001845.pdf>

<sup>19</sup> En este link pueden consultarse todas las legislaciones vigentes de INMETRO para CSA: [http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resultado\\_pesquisa.asp?seq\\_classe=1&ind\\_publico=&sel\\_tipo\\_ato\\_legal=1-Portaria&nom\\_orgao=&sel\\_tipo\\_instrumento\\_medida=&sel\\_orgao\\_regulamentador=&descr\\_marca=&descr\\_modelo=&sel\\_categoria=3-Regulamento&num\\_ato=&anoassinatura=&palavra\\_chave=aquecimento+solar&btnPesquisar=Pesquisar](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resultado_pesquisa.asp?seq_classe=1&ind_publico=&sel_tipo_ato_legal=1-Portaria&nom_orgao=&sel_tipo_instrumento_medida=&sel_orgao_regulamentador=&descr_marca=&descr_modelo=&sel_categoria=3-Regulamento&num_ato=&anoassinatura=&palavra_chave=aquecimento+solar&btnPesquisar=Pesquisar)

<sup>20</sup> En Brasil, la institución encargada de elaborar normativa técnica es la ABNT (Asociación Brasileña de Normas Técnicas). En el caso de los CSA, La normativa base es esencialmente la EN 12975 y la EN 12976. El que define cual es la norma de referencia a utilizar para cumplir los requisitos es el INMETRO como parte de sus incumbencias.

<sup>21</sup> <http://www.ipt.br/noticia/565.htm>

<sup>22</sup> <http://www.cresesb.cepel.br>

A partir de enero de 2015, el INMETRO abrió la puerta a los reportes de laboratorios ubicados fuera de Brasil, siempre y cuando estos estén acreditados bajo los estándares de la ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) o el IAF (International Accreditation Forum) (GIZ, 2016).

En Brasil, la certificación de los CSA es responsabilidad del fabricante o importador y debe ser llevada a cabo por un Organismo de Certificación de Productos (OCP) acreditado por INMETRO bajo la ABNT NBR ISO/IEC 17025. Existen a la fecha 5 OCP activos en Brasil:

- **Tüv Rheinland Do Brasil** LTDA. TÜV RHEINLAND DO BRASIL LTDA<sup>23</sup>.
- **ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas<sup>24</sup>.
- **NCC** Certificações Do Brasil LTDA<sup>25</sup>.
- **Celack** Associação Latino-Americana de Avaliação da Conformidade<sup>26</sup>.
- **MHC** Product & Processes Certification LTDA Cotia<sup>27</sup>.

Con el fin de guiar a los fabricantes en el camino de la certificación de productos, ABRAVA en cooperación con GIZ, llevaron a cabo el proyecto CERTIFICASOL. Este proyecto tuvo como principal objetivo fortalecer la cadena de suministro y la calidad de los equipos de CSA vendidos en Brasil. Posteriormente, este programa derivó en uno mejorado llamado QUALISOL.

El programa de obligatoriedad de la certificación, establecido por la resolución 301/2012 y sus posteriores modificaciones a través de la 351/2014 y la 58/2017 prevé las siguientes fechas para permitir la transición al nuevo sistema:

- A partir del 10/09/2015: Fabricación e importación solo de productos certificados y registrados en la base de datos del INMETRO.
- A partir del 10/03/2016: Comercialización solo por fabricantes o importadores de productos certificados y registrados en la base de datos del INMETRO.
- A partir del 10/12/2018: En el mercado nacional sólo se podrán vender productos certificados, etiquetados y registrados debidamente en INMETRO.

De manera complementaria a CERTIFICASOL, la división solar de ABRAVA, opera el programa "QUALISOL", que es el Programa de Calificación de Comercializadores de Sistemas de Calentamiento Solar<sup>28</sup>. Éste es aplicable a fabricantes, vendedores, proyectistas, instaladores y técnicos de mantenimiento con el objetivo de garantizar al consumidor la competencia

---

<sup>23</sup> [https://www.tuv.com/br/brasil/localizacao/detalhes-do-endereco\\_130887.html](https://www.tuv.com/br/brasil/localizacao/detalhes-do-endereco_130887.html)

<sup>24</sup> <http://www.abnt.org.br/>

<sup>25</sup> <http://ncc.org.br/>

<sup>26</sup> <http://www.celac.com.br>

<sup>27</sup> <http://www.itmhc.com.br/>

<sup>28</sup> <http://www.qualisol.org.br>

garantizar al consumidor la competencia técnica y la calidad de los proveedores de servicios. Por estar en contacto directo con el consumidor en el momento de decisión de compra e instalación y otras veces planear y entregar los equipamientos, las empresas o los profesionales autónomos son responsables de garantizar la realización de una instalación adecuada, realizada por profesionales idóneos y capacitados, con procedimientos seguros y productos certificados conforme a las especificaciones técnicas.

El programa pretende garantizar la calidad de los equipos a través del entrenamiento de los diversos actores en la cadena de valor en torno a la venta y adquisición de equipos CSA. Hasta la fecha, el programa ha logrado reunir aproximadamente 39 empresas calificadas, cuyos detalles están disponibles en la página del QUALISOL. Es posible acceder a la web de QUALISOL e inmediatamente verificar si la empresa se encuentra certificada o no<sup>29</sup>.

### 3.4.1 Vigilancia de mercado

La misma es ejercida directamente en el mercado y en las industrias por INMETRO. Los ensayos de mantenimiento se realizan cada 24 meses y es responsabilidad de fabricantes e importadores mantener las certificaciones vigentes. Las muestras que se ensayan se toman de los comercios o de las fábricas (sin aviso). La resolución de INMETRO 352/2012 define los ensayos a los que deben ser sometidos los sistemas para mantener la certificación. Se realiza divulgación de los resultados de los programas e INMETRO lleva un registro de los productos certificados vigentes.

### 3.4.2 Normativa

La tabla 3.2 muestra los ensayos y las normas de ensayos relacionadas con los requisitos exigidos en la resolución 301/2012 de INMETRO. La normativa Brasileña está esencialmente basada en la normativa EN-12975 para colectores y EN-12976 para sistemas.

<b>Tabla 3. 1. Normativa aplicable a sistemas prefabricados en Brasil</b>	
<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
ISO/DIS 9459-2 ISO 9459-2	Ensayo Rendimiento térmico
ABNT NBR 15747-2 (basada en EN 12975)	Ensayo Presión interna
ABNT NBR 15747-2	Ensayo Resistencia a alta temperatura
ABNT NBR 15747-2	Ensayo Exposición I (10h)
ABNT NBR 15747-2	Ensayo Choque térmico interno e externo I
ABNT NBR 15747-2	Ensayo Exposición II (20h)
ABNT NBR 15747-2	Ensayo Choque térmico interno e externo II

<sup>29</sup> <http://www.qualisol.org.br/consultas/>

ABNT NBR 15747-2	Ensayo Penetración de Lluvia
ABNT NBR 15747-2	Ensayo Resistencia al impacto
ASTM G155, complementado con otros criterios de aceptación definidos.	Ensayo Envejecimiento acelerado
Anexo 4 de RTQ de resolución 301	Ensayo Marcado
Anexo 4 de RTQ de resolución 301	Ensayo Volumen almacenado
Anexo 4 de RTQ de resolución 301	Ensayo Presión hidrostática
NBR NM IEC 335-1, Capítulo 16	Ensayo Tensión soportable
ABNT NBR 14016	Ensayo Corriente de fuga
ABNT NBR 14013	Ensayo Potencia absorbida
NBR NM IEC 335-1, Capítulo 30	Ensayo Resistencia al calor y fuego
NBR NM IEC 335-1, Capítulo 31	Ensayo Resistencia a la corrosión

### 3.5 Actividades de difusión

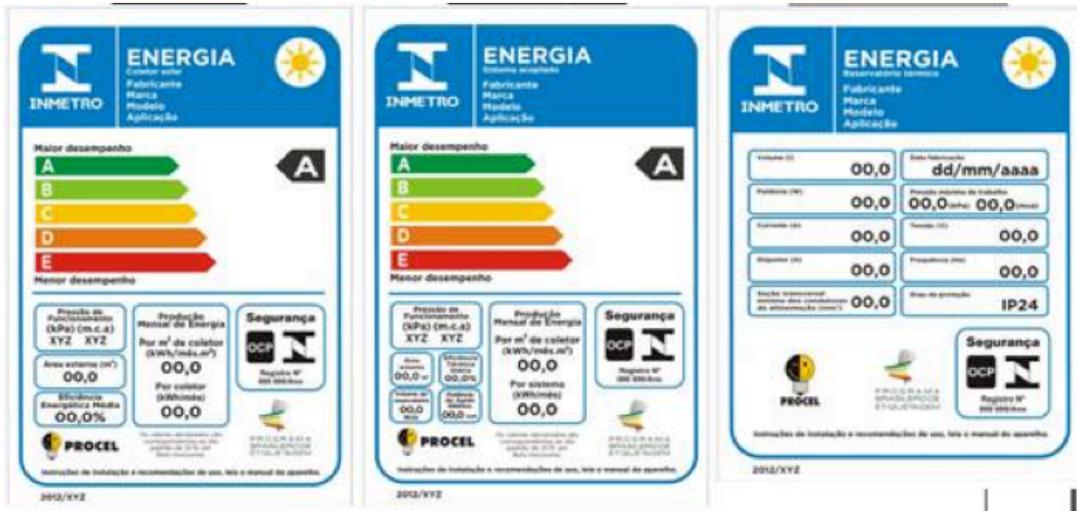
#### 3.5.1 Material técnico para instaladores e interesados

Como muchos otros países, Brasil ha generado material de referencia tanto para instaladores, como para tomadores de decisión o bien usuarios interesados. Ha realizado una intensa política de difusión dentro su país apoyando esos materiales con videos, conferencias, seminarios de capacitación y demás. Particularmente desde 1985, ha encarado a nivel nacional el Programa Brasileño de Etiquetado (PBE), un programa de etiquetado voluntario que es operado en conjunto por el INMETRO y ELETROBRAS. Tiene como objetivo la eficiencia energética, estableciendo criterios personalizados para la comparación entre diferentes productos, desde aparatos domésticos hasta modelos de colectores solares disponibles en el mercado nacional. Esta etiqueta llamada ENCE (Etiqueta Nacional de Conservación de la Energía) busca proporcionar información útil a los consumidores que influya en la decisión de compra. De esta manera, el cliente contará con otros atributos, además del precio, para efectuar una decisión, comparando los desempeños de los distintos productos. De igual forma, la etiqueta establece requisitos de seguridad para minimizar un accidente de consumo.

El programa brasileño de etiquetado fomenta la competitividad de la industria, a través de la inducción del proceso de innovación y del desarrollo tecnológico promovido por la elección consciente del consumidor.

Teniendo en cuenta el crecimiento del mercado solar y su comercialización desde 2006 a 2010, se desarrolló una etiqueta adicional solo para sistemas solares térmicos denominada PBE Solar que sigue vigente al día de hoy y se muestra en la figura 3.2.

Figura 3. 2. Etiqueta PBE Solar. De izquierda a derecha colectores, sistemas y tanques (Brecht, 2016).



Sumado a ello, existe el PROCCEL (Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica). Este programa promueve la racionalización del consumo de energía eléctrica a fin de combatir el derroche y reducir los costos y las inversiones sectoriales. El sello PROCCEL indica al consumidor, en el acto de la compra, los productos que presentan los mejores niveles de eficiencia energética dentro de cada categoría. La finalidad es estimular la fabricación y la comercialización de productos más eficientes, contribuyendo al desarrollo tecnológico y la reducción de impactos ambientales<sup>30</sup>. El sello PROCCEL es uno de los mayores instrumentos de divulgación de eficiencia energética, electrodomésticos y sistemas de calentamiento solar de agua comercializados en Brasil. El sello se concede a los equipos que consumen menos energía (categoría “A”) entre los equipos etiquetados en el PBE con la ENCE. Es decir de los equipos etiquetados que cumplen con los requisitos técnicos de funcionamiento y seguridad y además están certificados, el de mayor categoría de etiqueta “A” obtiene el sello PROCCEL. En algunos casos específicos los equipamientos pueden recibir la bonificación del sello PROCCEL en la misma ENCE. En lo que respecta al calentamiento solar de agua, el sello PROCCEL motivó la evolución de los índices de desempeño o eficiencia energética en los equipamientos. Adicionalmente, también se desarrolló un sello equivalente al PROCCEL específico para solar térmica persiguiendo los mismos objetivos que las ENCE y el PROCCEL original (ver figura 3.3).

<sup>30</sup> <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>

Figura 3. 3. Imagen de sello Procel.



ABRASOL<sup>31</sup> (Ex - división solar de ABRAVA) creada en 2017 y destinada a solar térmica, lidera la promoción y la investigación de la solar térmica en Brasil mediante, estudios, ferias y el programa Brasileño de etiquetado junto con ELETROBRAS-INMETRO-PROCEL y también el programa QUALISOL Brasil. Hoy en día cuenta con 33 empresas que conforman el 80% del mercado Brasileiro y son 100% nacionales. La mayoría de sus integrantes formaban parte de la división solar de ABRAVA y siendo que el mercado se encuentra maduro han decidido crear una entidad independiente como ABRASOL que persiga los mismos fines<sup>32</sup>.

### 3.6 Resultados

Desde la creación del programa de etiquetado específico para solar térmica, se observó una mejora en el desempeño de los colectores solares comercializados en Brasil. En el 2000 la eficiencia media de los colectores era de 51,3%, mientras que en 2010 ascendió a 55,7% (Brecht, 2016).

Desde el 2009 hasta el 2014, CAIXA subsidió 224.405 sistemas termosifónicos (aprox. 500.000 m<sup>2</sup>). Las estadísticas anuales de ABRASOL muestran que el programa “Minha Casa Minha Vida” y otros proyectos de vivienda social en los diferentes estados de Brasil, fueron responsables por un 20% de la demanda de colectores solares en 2015 y 16,7% en 2016

<sup>31</sup> <https://www.abrasol.org.br/>

<sup>32</sup> [https://www.aecweb.com.br/cont/n/setor-de-energia-solar-termica-cria-a-abrasol\\_16618](https://www.aecweb.com.br/cont/n/setor-de-energia-solar-termica-cria-a-abrasol_16618)

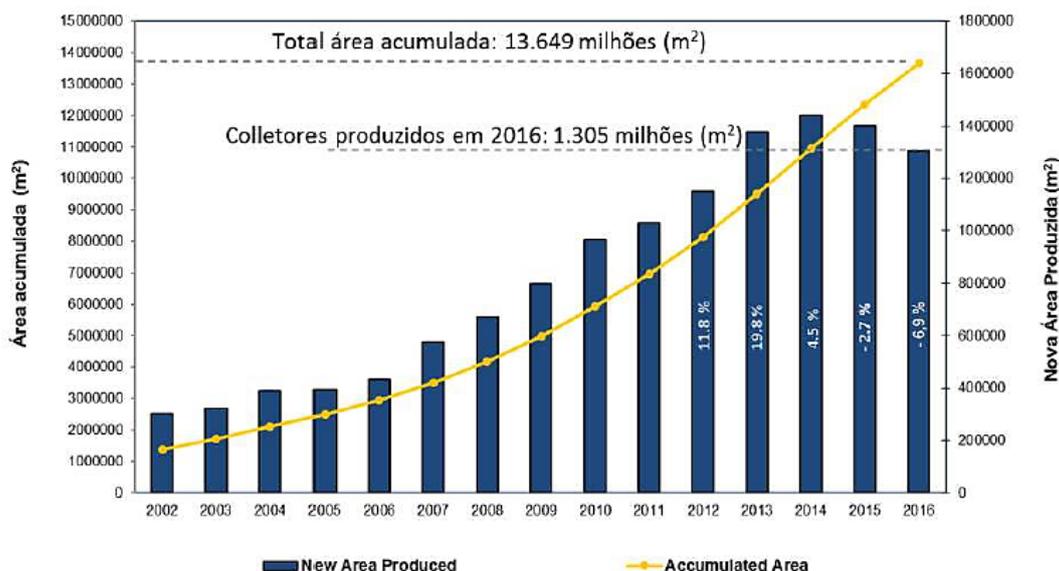
Tabla 3. 2. Distribución del mercado de CSA en Brasil para el año 2015 y 2016 (Mesquita, 2016).		
RUBRO	2015	2016
Residencial	54%	55,6%
Viviendas de Interés Social	20%	16,7%
Comercio	20%	16,3%
Servicios		6,8%
Industria	6%	4,6%

De acuerdo con la última información de INMETRO<sup>33</sup>, los productos certificados, etiquetados y registrados que pueden ser comercializados al día de hoy en 2018 son:

- **445** modelos de tanques acumuladores pertenecientes a 17 marcas y 18 empresas.
- **227** modelos de colectores solares para baño y piscina pertenecientes a 31 marcas y 28 empresas.
- **45** modelos de sistemas prefabricados pertenecientes a 16 marcas y 16 empresas.

Las consecuencias o bien los resultados directos de las diferentes políticas de promoción, los programas de certificación y la formación de instaladores pueden verse en la figura 3.4.

**Figura 3. 4. Crecimiento del área de colectores solares en Brasil desde el año 2002 al 2016 (Mesquita, 2016). Varios factores contribuyeron a la disminución del área producida en 2015-2016. Por un lado no todas las empresas pueden cumplir los requisitos de certificación exigidos por INMETRO y por otro lado, el programa MCMV estuvo en suspensión durante ese período por una reevaluación del mismo<sup>34</sup>.**



<sup>33</sup> <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletores-solares.asp>

<sup>34</sup> <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-08/ministerio-quer-tirar-obrigacao-de-aquecimento-solar-no-minha-casa-minha-vida>

El esfuerzo desde todo punto de vista que ha realizado Brasil para fomentar el mercado solar térmico ha dado los resultados que se observan hoy en día, siendo el país con más m<sup>2</sup> de colectores instalados en Latinoamérica y el quinto país a nivel mundial. Los esfuerzos se han realizado en todos los ámbitos:

- Se diseñaron estructuras financieras para bajar el costo inicial de los productos.
- Se creó mercado a través de planes como MCMV.
- Se fomentó el equipamiento de calidad exigiendo certificaciones y armando una infraestructura de calidad adecuada.
- Se fomentó la formación de instaladores de calidad exigiendo certificación de competencias.
- Se realizaron actividades de difusión y proyectos piloto/demostrativos que permitieron conocer resultados reales, los ahorros energéticos logrados y el beneficio para el empleo y la industria local.

La suma de todos estos factores ha logrado que el sector residencial adopte a los CSA como una solución viable para disminuir su consumo energético (Ver Tabla 3.3).

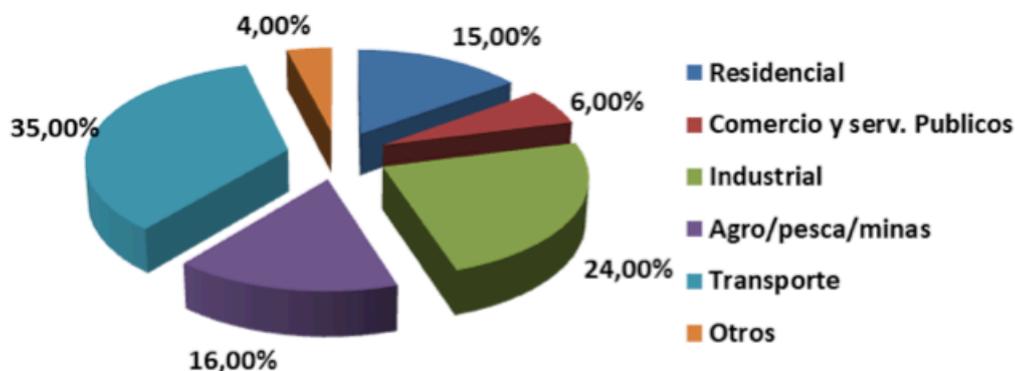
El 2018 será un año en el que todas las empresas deberán acoplarse al sistema de certificación obligatoria. Seguramente esto traerá algunas repercusiones en el funcionamiento del sistema y quizás alguna baja del crecimiento. Pero las consecuencias de esta acción emprendida por INMETRO garantizarán la calidad del equipamiento solar que se comercialice en Brasil.

## 4.0 Chile

### 4.1 Contexto energético Chile

De acuerdo al Censo nacional de 2017<sup>35</sup> y sus proyecciones al 2018, Chile cuenta con 17.574.003 habitantes y un total de 6.499.355 hogares/viviendas de los cuales el 14% no cuentan con sistemas para abastecer agua caliente sanitaria (Bello, 2016). Del 86% que sí poseen calentamiento de agua, un 73,4% utiliza gas natural para calentar el agua, y el resto utiliza electricidad o leña. Con aproximadamente 3,1 habitantes por vivienda (Bello, 2016) se totalizan unos 5.589.445 artefactos de calentamiento de agua de algún tipo. Estos porcentajes varían de región en región, siendo las regiones más frías (8va y la 11va región, centro sur del país) las que utilizan más leña o electricidad para calentar el agua. Estas regiones son frías y el precio de gas natural es más caro comparado con la 12va región (ésta última es la que se encuentra más al sur del país). En promedio, el 31,93% (Ihl, 2016) del total de energía consumida por una vivienda está destinada para el calentamiento de agua sanitaria y un 29,76% se destina a climatización. Dada la prevalencia de artefactos de gas natural para satisfacer ambas demandas, el 44,75% de la energía total consumida por una vivienda del área metropolitana de Chile proviene del Gas Natural (Ihl, 2016). No obstante, existen diferencias en el consumo debido a los diferentes niveles socioeconómicos, zonas climáticas y precios locales del recurso energético que influyen sobre la composición final del uso de energía en la vivienda (Ihl, 2016). El sector residencial representa el 15% de la energía final en Chile (Figura 4.1).

**Figura 4. 1. Uso final de la energía en Chile por sector.**



### 4.2 Proyectos Piloto

Entre 2009 y 2015, y bajo la Iniciativa Global de Fortalecimiento y Transformación del Mercado de Colectores Solares Térmicos de Naciones Unidas, Chile ejecutó un Programa Nacional<sup>36</sup> con el fin de acelerar y promover el desarrollo del mercado nacional de CSA en el sector residencial. Las metas del proyecto consistían en facilitar una capacidad total de 35.700 m<sup>2</sup>

<sup>35</sup> <https://resultados.censo2017.cl/>

<sup>36</sup> [http://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/operations/projects/environment\\_and\\_energy/colectores\\_solares.html](http://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/operations/projects/environment_and_energy/colectores_solares.html)

de colectores instalados y una venta anual de 11.000 m<sup>2</sup> hacia 2011, cuyo impacto correspondería a una reducción acumulada de los gases de efecto invernadero de más de 800.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en 2020. Hasta diciembre de 2014, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles había registrado un total de 55.266 m<sup>2</sup> de sistemas solares térmicos instalados en Chile (respecto a los 35.700 m<sup>2</sup> de CSA fijados como meta por el proyecto) equivalentes a un total de 45.423 viviendas. Adicionalmente, la experiencia desarrollada a partir de este proyecto ha servido como base para definir programas de formación específica de técnicos instaladores de CSA, la elaboración de material de referencia y se ha brindado apoyo para habilitar un marco normativo y regulatorio que promueva un mercado sustentable de CSA.

### 4.3 Programas de incentivos

Chile posee tres programas para el fomento del uso de energía solar térmica:

#### 4.3.1 Ley N° 20.897 (anteriormente 20.365)<sup>37</sup>.

Establece una franquicia tributaria (FT) para empresas constructoras que implementen CSA en viviendas nuevas de uso habitacional. La nueva ley tiene vigencia hasta el 2020 y modifica a su antecesora la 20.365. La FT fue dirigida hacia empresas inmobiliarias, constructoras, importadores y comercializadores de CSA. El beneficio tributario consiste en un crédito que podría beneficiar hasta un 100% del costo de los sistemas, su instalación y mantenimiento, dependiendo del costo de la vivienda. Para un inmueble cuyo valor no supere las 2.000 UF (U\$ 88.000) el crédito corresponde a un 100%. Para el tramo de viviendas entre 2.000 (U\$ 88.000) y 3.000 (U\$ 132.000) UF, la FT tiene un beneficio que se calcula mediante un algoritmo definido en la ley que oscila entre el 0 y el 100%. La franquicia tributaria permite a las empresas constructoras imputar un crédito en contra de sus pagos provisionales mensuales obligatorios y otros impuestos equivalente a un porcentaje del costo del CSA, de su instalación y mantenciones obligatorias mínimas que monten en inmuebles nuevos destinados a la habitación construidas por ellas. Pueden hacerlo hasta 5 años de obtenido el beneficio. Este crédito se encontró vigente a contar del día 24 de agosto de 2010, respecto de las viviendas cuyos permisos de construcción o las respectivas modificaciones de tales permisos se hayan otorgado a partir del 1° de enero de 2008 y que hayan obtenido su recepción municipal final a partir del 26 de mayo de 2010 y antes del 31 de diciembre de 2013. El 05 de febrero de 2016 entró en vigencia la Ley N° 20.897, que modifica la Ley N° 20.365, renovando la vigencia de la franquicia tributaria para la instalación de CSA por el período 2015 a 2020 y se agrega un subsidio directo para la provisión de esta tecnología en viviendas sociales nuevas. La idea inicial de esta medida no fue la de subsidio sino la de desarrollar un mercado natural, haciendo de cada uno de los proyectos inmobiliarios, un proyecto demostrativo que naturalmente incline la demanda hacia los CSA. El propósito fue incentivar la demanda de CSA, puesto que mientras mayor sea la demanda, más competitivo se volvería el mercado. El reglamento de la misma (Decreto 331/2009) exige que las soluciones de CSA deben aportar un mínimo energía térmica dependiendo de la zona climática del país en donde se implemente. Esta nueva ley además permite un subsidio directo cuando se trata de construcción

---

<sup>37</sup> <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1087315>

de viviendas sociales. El estado subsidia el valor del CSA, la instalación, el mantenimiento y las obras complementarias en función de las UF<sup>38</sup> de la vivienda a construir.

#### 4.3.2 Subsidio del Programa Protección al Patrimonio Familiar (PPPF).

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en trabajo conjunto con el Ministerio de Energía, creó un subsidio para la instalación de CSA en viviendas sociales existentes, administrado a través del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). El monto máximo del subsidio que se puede obtener es de 50, 55, 60 ó 65 UF, de acuerdo a la comuna en la que se ubique la vivienda. Los postulantes deben aportar un ahorro mínimo de 3 UF. Está dirigido a familias en situación de vulnerabilidad social y de grupos emergentes, propietarias o asignatarias de una vivienda social o cuyo valor de tasación no supere las 650 UF (U\$ 28.600), construida por el Estado o por el sector privado con o sin subsidio habitacional y localizada en zonas urbanas o rurales. De acuerdo a lo descrito, el programa busca beneficiar a las familias de los 3 primeros quintiles de ingresos, quienes totalizan el 60% de la población del país<sup>39</sup>.

Este programa fue creado debido a que la FT no resultó tan efectiva como se esperaba. Las constructoras de viviendas sociales ya cuentan con varios mecanismos similares de descuento tributario en ese rubro y el beneficio adicional obtenido por incorporar un CSA, a través de la FT no era acumulativo para con el resto.

#### 4.3.3 Subsidio para agregar CSA en los programas de reconstrucción de vivienda.

En respuesta a las necesidades de reconstrucción de viviendas surgidas por los desastres naturales ocurridos en el país entre los años 2014 y 2015, se impulsó un subsidio destinado a la instalación de SST, en las viviendas que sean objeto del Programa de Reconstrucción y que tengan factibilidad técnica.

### 4.4 Certificación.

El Decreto Supremo 331/2009 y la Resolución Exenta 1150/2016, 1392/2011 y otras de la Superintendencia de Energía y Combustibles (SEC) establecen los requisitos de los organismos certificadores, los protocolos de ensayos de colectores, tanques y sistemas prefabricados y los requisitos de los organismos de inspección y certificación de CSA. La SEC es la autoridad de aplicación en el tema de CSA y es la encargada de exigir el cumplimiento de los requisitos para evaluación de la conformidad. Lleva el registro de los productos y proveedores certificados bajo los requisitos definidos en las resoluciones exentas<sup>40</sup>.

---

<sup>38</sup> La Unidad de Fomento (UF) es una unidad de cuenta reajutable de acuerdo con la inflación, usada en Chile. Fue creada en 1967, siendo su principal y original uso en los préstamos hipotecarios, ya que era una forma de revalorizarlos de acuerdo con las variaciones de la inflación. Los valores de las casas/departamentos en Chile se dan en UF. El valor aproximado de 1UF a abril de 2018 es de \$ 27.000 Chilenos o bien U\$ 44.

<sup>39</sup> [http://www.minenergia.cl/sst/?page\\_id=2214](http://www.minenergia.cl/sst/?page_id=2214)

<sup>40</sup> [http://www.sec.cl/portal/page?\\_pageid=33,3973503&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,3973503&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Las certificaciones mencionadas son exigidas para los productos que se incluyen en cualquiera de los sistemas de incentivos mencionados y no rigen para aquellos que se comercializan en el mercado en forma independiente.

A pesar de que Chile cuenta con normativa específica (NCh) en el campo de la energía solar térmica, en los protocolos de ensayo de colectores, sistemas y tanques referentes a energía, la SEC exige el cumplimiento de la normativa Europea, EN-12975, EN-12976 y EN-12977.

El organismo nacional de acreditación Chileno es el Instituto Nacional de Normalización<sup>41</sup> (INN). Tanto los laboratorios de ensayo, como los certificadores de producto e inspección de producto deben estar acreditados en este organismo para desempeñar su función dentro del esquema de cualquier beneficio relacionado a la energía solar térmica.

Chile cuenta con un laboratorio acreditado y consecuentemente registrado en la SEC como tal para realizar los protocolos de ensayos de colectores solares, sistemas integrados y tanques acumuladores<sup>42</sup>, a saber:

- **SILAB**, Laboratorio de SICAL Ingenieros<sup>43</sup>.

El mercado del laboratorio se limita a los productos nacionales o bien aquellos que no poseen certificación de origen conforme a las normativas exigidas. Para aquellos que poseen certificado de origen como "Solar Keymark" o bien de una certificadora que se desempeñe dentro del foro de acreditación internacional (IAF), el organismo certificador es el responsable de homologar la validez de esos certificados. En todos los casos, la certificación de los productos puede ser por tipo o por lote, dependiendo del caso. Los mismos protocolos definidos en las resoluciones exentas define las muestras y el tipo de certificación a realizar de acuerdo a la situación del interesado: fabricante o importador.

Chile cuenta con tres certificadores de productos acreditados ante el INN y autorizados por la SEC, a saber:

- **SICAL**<sup>44</sup>
- **ICOMCER**<sup>45</sup>
- **CESMEC**<sup>46</sup>

Chile cuenta con tres organismos de inspección acreditados ante el INN y autorizados por la SEC según la RE 3681/2011. Los organismos de inspección son los que verifican que los

---

<sup>41</sup> <http://www.inn.cl/sistema-nacional-de-acreditacion>

<sup>42</sup> [http://www.sec.cl/portal/page?\\_pageid=33,4055504&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,4055504&_dad=portal&_schema=PORTAL)

<sup>43</sup> <https://www.sicalingenieros.com/area-sistemas-de-colectores-solares-termicos/>

<sup>44</sup> <https://www.sicalingenieros.com>

<sup>45</sup> <https://www.icomcer.cl>

<sup>46</sup> <https://www.cesmec.cl>

sistemas instalados en el marco de alguno de los beneficios, estén correctamente instalados y que todo esté de acuerdo con el reglamento operativo de los beneficios, a saber:

- **SICAL**<sup>47</sup>
- **ECOGAS**<sup>48</sup>
- **CAUR**<sup>49</sup>

#### 4.4.1 Normativa

Si bien Chile cuenta con normativa del INN en lo que respecta a CSA, todos los regímenes de promoción e incentivos utilizan la normativa Europea (EN) en lo que se refiere a la certificación. Se desconocen las causas reales de esta excepción pero un análisis inicial podría ser que debido a la gran cantidad de equipamiento importado, resulta más sencillo definir una política basada en estándares internacionales en vez de normas propias. De acuerdo al trabajo de (AETS, 2014), la proporción de equipos de fabricación nacional con respecto a los importados es de 5% a 95%. A los fines de definir una política de promoción o incentivo, exigir el cumplimiento de normativa nacional específica para todos los equipos importados es equivalente a exigir una doble certificación a aquellos que ya poseen equipos certificados por normas internacionales. Además pone presión sobre el sistema nacional de calidad, generando necesidades adicionales en la infraestructura de calidad.

En la tabla 4.1 se muestran los requisitos de ensayo exigidos por la RE 1150/2011 conforme a normativa europea para los sistemas integrados o prefabricados. La norma EN 12976:1 define los requisitos a cumplir por los sistemas integrados y la EN-12976:2 define los métodos de ensayo. De esta manera, la exigencia de cumplimentar la norma, implica cumplir con los requisitos a través de los métodos de ensayos o bien de demostrar que el equipo se encuentra correctamente certificado bajo “Solar Keymark” o equivalente.

<b>Tabla 4. 1. Protocolo de ensayos para sistemas prefabricados conforme a la RE 1150/2011.</b>	
<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
EN-12976	Ensayo de Resistencia a heladas
EN-12976	Ensayo de Resistencia a la presión interna
EN-12976	Ensayo de Equipos de seguridad
EN-12976	Caracterización del rendimiento térmico
EN-12976	Capacidad del sistema solar + auxiliar para cubrir la carga
EN-12976	Ensayo de Protección contra flujo invertido
EN-12976	Ensayo de Seguridad eléctrica (cuando aplique)

<sup>47</sup> <https://www.sicalingenieros.com>

<sup>48</sup> <https://www.ecogas.cl>

<sup>49</sup> [http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/COLECTORES\\_SOLARES/TAB4997636/RE\\_2300\\_AUTORIZACION\\_PROVISORIA\\_CAUR.PDF](http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/COLECTORES_SOLARES/TAB4997636/RE_2300_AUTORIZACION_PROVISORIA_CAUR.PDF)

De igual manera que para los sistemas, se utiliza la EN-12975 para colectores y la EN- 12977 para tanques.

#### 4.5 Actividades de difusión

CORFO<sup>50</sup>, ACESOL<sup>51</sup> y el Ministerio de Energía de Chile<sup>52</sup> están desarrollando el Programa de Formación y Difusión Tecnológica en Energía Solar Térmica.

Este programa apoyado por CORFO, busca desarrollar actividades de profundización de tecnologías y conocimientos relativos a Sistemas Solares Térmicos que aporten valor al negocio y que permitan el cierre de brechas competitivas para un grupo de al menos 15 empresas del sector solar térmico.

En base a esto, se han definido los siguientes objetivos:

- Profundizar en un conjunto de brechas tecnológicas específicas identificadas para un grupo de empresas del sector solar con necesidades y objetivos comunes.
- Desarrollar una propuesta de difusión de tecnologías o conocimientos relativos a la diversificación de las aplicaciones de la energía solar térmica en el mercado nacional.
- Generar capacidades tecnológicas y de innovación en las empresas para que incorporen y adapten estos nuevos conocimientos y tecnologías, mejorando de este modo, su competitividad.

En cuanto a formación de profesionales, Chile ha desarrollado las competencias laborales del perfil del “Asistente técnico de instalación de Sistemas Solares Térmicos”<sup>53</sup>, que tiene como propósito desarrollar actividades de montaje estructural, instalación y mantenimiento de Sistemas Solares Térmicos (SST) de acuerdo con especificaciones técnicas, requerimientos del proyecto y normativa vigente.

Con el objetivo de apoyar el desarrollo del mercado de Sistemas Solares Térmicos (SST), siete (7) instituciones de educación superior están en condiciones técnicas teórico/prácticas de impartir cursos de especialización en el perfil mencionado.

El Ministerio de Energía en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (Ver proyectos piloto) dotaron de Laboratorios Solares Térmicos a cada institución con el objetivo de apoyar la componente práctica de los procesos de formación de técnicos especialistas en instalación y mantención de Sistemas Solares Térmicos (SST).

---

<sup>50</sup> <https://www.corfo.cl/sites/cpp/home>

<sup>51</sup> <https://www.acesol.cl/quienes-somos.html>

<sup>52</sup> <http://www.energia.gob.cl/>

<sup>53</sup> [http://www.minenergia.cl/sst/?page\\_id=633](http://www.minenergia.cl/sst/?page_id=633)

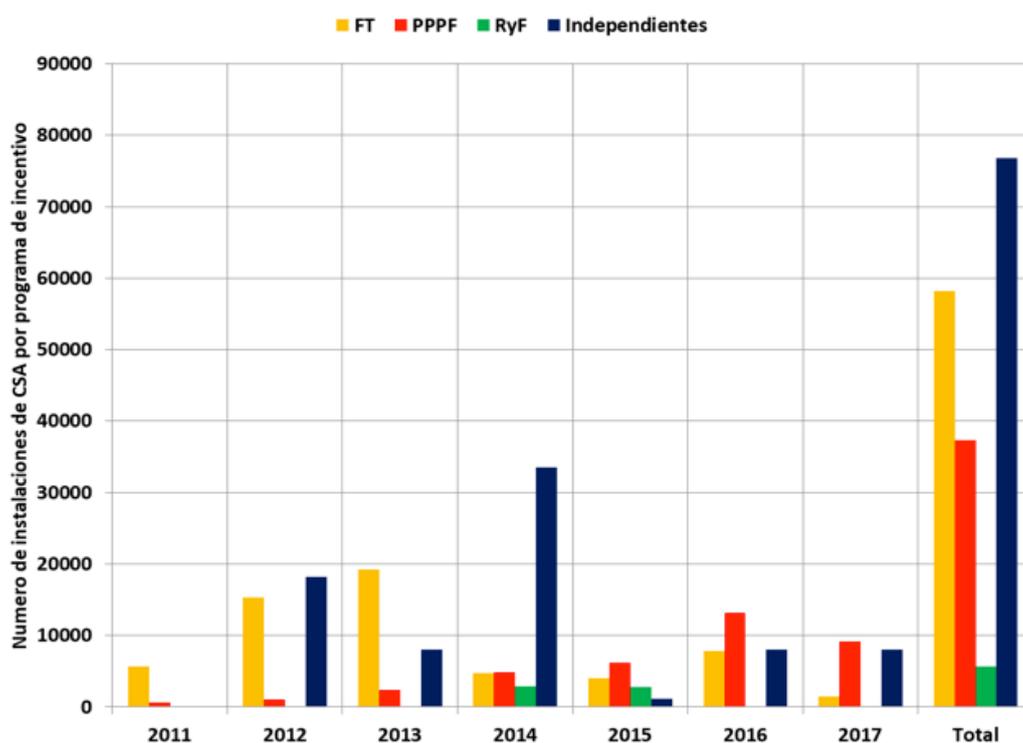
Adicionalmente a estos esfuerzos, es posible ver una gran difusión en formato de folletos, informes y videos en todas las dependencias del estado en donde la solar térmica es importante, a saber, Ministerio de Energía, SEC, Instituciones, ACESOL, etc.

Como regla general, la difusión se basa en campañas de conferencias, material impreso online y en mano y las acciones antes mencionadas.

## 4.6 Resultados

La figura 4.2 muestra la evolución de los resultados logrados con los diferentes regímenes de promoción<sup>54</sup>. De los informes de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2017), es posible obtener los datos del área total de colectores instalada en m<sup>2</sup> informada por Chile para los años 2012 a 2015. Conociendo ambos, es posible estimar el número de instalaciones y superficies de colectores instaladas en forma independiente fuera de cualquier régimen de promoción. Para los últimos años y de acuerdo con (Bello, 2016) se estimó que unas 8000 instalaciones anuales fueron realizada en forma independiente fuera de cualquier sistema de incentivos.

**Figura 4. 2. Instalaciones realizadas entre 2011 y 2017 en el marco de los diferentes programas de incentivos de Chile.**



<sup>54</sup> [http://www.minenergia.cl/sst/?page\\_id=2214](http://www.minenergia.cl/sst/?page_id=2214)

Si bien el sistema de certificaciones es obligatorio solo para aquellos productos acogidos en los sistemas de incentivos, es de esperar que una misma empresa utilice también equipos certificados fuera de los mismos.

De acuerdo con las estadísticas de la SEC<sup>55</sup>, al día de hoy se han certificado y autorizado los siguientes equipos para su uso en los diferentes incentivos:

- 328 modelos de colectores solares pertenecientes a 81 marcas.
- 362 modelos de colectores con depósitos integrados (sistemas prefabricados) pertenecientes a 99 marcas.
- 240 modelos de depósitos acumuladores pertenecientes a 30 marcas.

Es evidente que a pesar de ser un mercado no tan grande como Brasil o México, Chile posee una gran diversidad de equipamiento en el sector de oferta tecnológica.

De acuerdo con (Bello, 2016), se proyecta instalar un total de 47.443 sistemas por la Ley de Franquicia Tributaria, 28.000 sistemas por el Programa de Protección al Patrimonio Familiar, 47.334 sistemas térmicos independientes entre 2016 y 2020. Esto implica que al 2020, Chile duplicará la superficie total instalada con respecto al 2015.

En cuanto a la franquicia tributaria, en su primer período 2010-2013 se utilizó un 9,9% de la disponibilidad presupuestaria de la ley. El máximo fue en el 2012 cuando se utilizó un 27% del presupuesto disponible (Bello, 2016).

De esta manera, es posible analizar que la política de Chile no es hacer uso masivo de los CSA, sino más bien dar pasos firmes y concretos que permitan sostener un crecimiento de calidad y que permita a los usuarios un entendimiento de la solar térmica como una opción viable de eficiencia energética.

---

<sup>55</sup> <http://wlhttp.sec.cl/BuscadorSST/buscador.do>

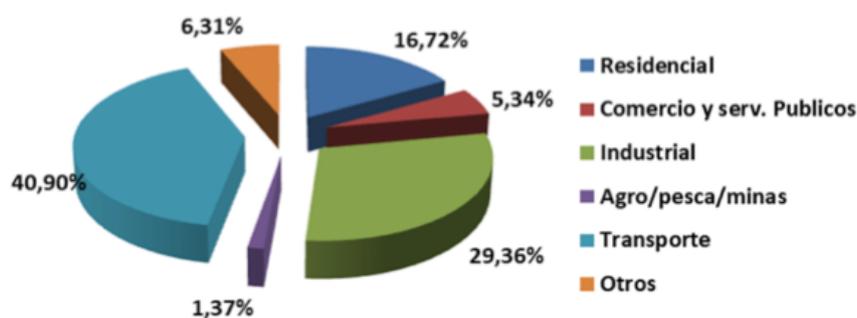
## 5.0 Colombia

### 5.1 Contexto energético Colombia

Según el último censo de población y las estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística<sup>56</sup>, la población alcanza los 49.834.240 de habitantes y existen 12.064.452 viviendas, dando un aproximado de 4,0 habitantes por vivienda. De acuerdo con el último estudio de comportamiento energético del sector residencial en Colombia (UPME, 2006), los hogares son en un 60% casas y un 40% departamentos. Un 70% de los hogares tienen calentador de agua, aunque este promedio no es constante en todo el país sino que varía según zonas, siendo de un 70% en Bogotá (Centro de Colombia) y de menos del 10% en Barranquilla (Norte de Colombia). Entre los hogares que poseen calentadores de agua, en promedio, un 44% de ellos posee un calentador eléctrico instantáneo, un 24% posee un termotanque eléctrico, un 13% posee un termotanque a gas y un 19% posee un calefón a gas. Estos porcentajes varían según la región de Colombia. Por ejemplo en Pasto (Suroeste), el calentador instantáneo alcanza el 68% mientras que en Medellín (Noroeste) es de un 15%<sup>57</sup>. Tanto en Bogotá como en Pasto, el uso del calentador eléctrico instantáneo llega a ser hasta de un 35% del consumo de energía eléctrica de la vivienda. En términos generales estos datos implican que existen al menos unos 8 millones de artefactos destinados al calentamiento de agua y aproximadamente unos 5,4 millones son eléctricos.

De acuerdo con el último informe del Ministerio de Minas y energía (UPME, 2016), el consumo de energía final del sector residencial es del 16.7% (Ver Figura 5.1). Por otro lado, el sector residencial constituye el 43% del consumo total de energía eléctrica de Colombia (Caicedo y Reyques, 2015). Al 2016, aproximadamente el 67% de la energía eléctrica de Colombia proviene de centrales hidroeléctricas, seguido de ciclos térmicos a gas natural en un 14%, luego carbón en un 10% y un 9% de renovables (Eólica y solar) (Caicedo y Reyques; 2015).

**Figura 5. 1. Uso final de la energía en Colombia.**



<sup>56</sup> <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/series-de-poblacion>

<sup>57</sup> Bogotá y Medellín poseen una temperatura media anual en torno a los 22°C, mientras que Pasto posee una media anual en torno a los 14°C. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>

## 5.2 Proyectos Piloto

Hacia finales de los 80, el Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESENCA), un proyecto realizado por la Corporación de Energía Eléctrica de la Costa Atlántica (CORELCA), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica), introdujo calentadores solares en la Costa Atlántica y desarrolló un campo experimental en Turipaná, Córdoba, en donde se realizaron pruebas y ensayos para determinar la eficiencia de estos sistemas. Este momento puede considerarse el origen de las normas sobre calentadores solares, iniciativa que siguió su desarrollo por parte del ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) y que ha dado origen a las normas existentes en el país sobre tales dispositivos. Si bien los calentadores solares para una pequeña familia costaban ya a mediados de los ochenta y noventa el equivalente a U\$ 1.000 por sistema (tanque de 120 litros, 2 m<sup>2</sup> de colectores solares) y representaban una inversión inicial medianamente alta, instituciones como el antiguo Banco Central Hipotecario, al hacer un análisis del valor presente neto, comprendieron que era más económico emplear calentadores solares que emplear electricidad para calentar agua y obvió la inversión que harían los usuarios dotando a varias de sus urbanizaciones con estos equipos. Pero fue posteriormente la introducción de un energético más barato, el gas natural, la que desplazó del mercado esta naciente industria desde mediados de los noventa hasta la actualidad. El desarrollo alcanzado hasta 1996 indicaba que se habían instalado 48.901 m<sup>2</sup> de calentadores solares, principalmente en Medellín y Bogotá, y en barrios con financiación del Banco Central Hipotecario (Murcia, 2009).

## 5.3 Programas de incentivos

Según la información recabada y las entrevistas personales<sup>58</sup> no existen programas de beneficios específicos y/o exclusivos para la energía solar térmica. Si existen otros beneficios dentro de los cuales encuadra el uso de CSA, que se describen a continuación.

### 5.3.1 Ley N° 1.715

La Ley N° 1.715 de 2014 establece los siguientes objetivos “(...) promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda (...)”. De acuerdo con estos, la ley tiene dos objetivos muy claros:

- Integrar la generación de energía eléctrica con energías renovables
- Implementar medidas de eficiencia energética, profundizando lo comenzado con el PROURE (Programa de uso Racional de la Energía)<sup>59</sup>.

---

<sup>58</sup> Entrevista con Luis Hernando Gil de ICONTEC.

<sup>59</sup> El programa fue establecido en la Ley N° 697 del 2001.

En el primero de los objetivos, los CSA no tienen participación. En el segundo objetivo, los CSA entran en el objeto de la ley como una de las medidas de eficiencia energética, reemplazando consumos de termotanques eléctricos o calefones a gas.

La ley define cuatro incentivos para incorporar las renovables y la eficiencia energética:

- Los obligados a declarar renta, que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión. El valor a deducir por este concepto, en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente determinada antes de restar el valor de la inversión.
- Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre-inversión e inversión en la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos, estarán excluidos de IVA. Para tal efecto, el Ministerio de Medio Ambiente certificará los equipos y servicios excluidos del gravamen, con base en una lista expedida por la UPME.
- Exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión de proyectos con FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía). Será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos.
- La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la pre-inversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para tales efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual.

Conforme a esta ley, se creó el FENOGGE (Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía) para financiar programas de FNCE y gestión eficiente de la energía, como lo señala el Artículo 10 del Capítulo II de la Ley *“...con los recursos del Fondo se podrán financiar parcial o totalmente, entre otros, programas y proyectos dirigidos al sector residencial de estratos 1, 2 y 3, tanto para la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala, como para la mejora de eficiencia energética mediante la promoción de buenas prácticas y equipos de uso final de energía...”* (Ley N° 1.715, 2014).

Con la publicación y puesta en marcha de la Ley N° 1.715, Colombia da cumplimiento a compromisos adquiridos en la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), que busca concientizar a las diferentes naciones de la importancia de investigar y desarrollar fuentes de energía no convencionales para mejorar el medioambiente y todo lo que este contempla (Rojas, 2015).

Para gozar de los beneficios definidos en la ley, es necesario que el usuario obtenga una certificación de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energético). La Resolución UPME

045 de 2016<sup>60</sup> contiene los procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE). Para acceder a ellos, esencialmente es necesario describir el proyecto en el cual se enmarca el uso de los CSA y especificar sus características técnicas. Con esa información la UPME evalúa el proyecto y accede al otorgamiento de la certificación. Los equipos de energía solar térmica, figuran en la “LISTA DE BIENES EXCLUIDOS DEL IVA Y EXENTOS DE GRAVAMEN ARANCELARIO” de la mencionada resolución. Los proyectos particulares deberían ser aprobados bajo el esquema que se define en dicha resolución. La certificación de la UPME tiene una duración de 18 meses.

### 5.3.2 Guía de construcción sostenible.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, expidió el Decreto 1.285 de 2015 y la Resolución 0549 de 2015<sup>61</sup> con la cual se adopta la Guía de Construcción para el ahorro de Agua y Energía. Esta reglamentación tiene como objetivo final, introducir estándares de construcción sostenible para promover la eficiencia energética y el uso racional de agua en las nuevas edificaciones que se construyan en el territorio nacional a partir de su entrada en vigencia, a los fines de contribuir de manera significativa a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de las ciudades y comprometer la transformación hacia el desarrollo sostenible. Se pretende que las nuevas construcciones sean más eficientes en términos de consumo de agua y energía, para lo cual, se establecen porcentajes obligatorios de ahorro de energía y agua en las edificaciones de como mínimo un 15%. El cumplimiento de los porcentajes de ahorro será obligatorio para todos los tipos de edificaciones que tramiten licencias de obra nueva incorporados en la resolución (vivienda, oficinas, hospitales, centros comerciales, hoteles y centros educativos), con excepción de los proyectos de vivienda de interés social (VIS)<sup>62</sup> y viviendas de interés social prioritario (VIP)<sup>63</sup>, en los cuales su observancia es optativa. Puntualmente, se hace referencia a Vivienda No VIS, centros comerciales con un área total construida mayor a 6.000 m<sup>2</sup>, a oficinas superiores a 1.500 m<sup>2</sup>, a hoteles con más de 50 habitaciones, a equipamientos educativos destinados para más de 1.500 alumnos, y a hospitales, clínicas, empresas sociales e instituciones privadas con área igual o superior a 5.000 m<sup>2</sup>; para este caso así como para los centros comerciales y las oficinas, el metraje no incluye zonas destinadas a estacionamientos. La misma es de exigencia obligatoria en todo el territorio de Colombia desde Julio de 2017<sup>64</sup>.

Dentro del Anexo I de la guía de construcción sostenible<sup>65</sup> se establecen los siguientes requisitos mínimos para los CSA:

- Todos los requerimientos de agua caliente para hospitales y hoteles deben ser cumplidos al 100% por los calentadores solares de agua.
- 25% de los requerimientos del agua caliente para edificaciones de viviendas VIS/VIP deben ser cumplidos por los calentadores solares de agua.

---

<sup>60</sup> <https://www.incp.org.co/Site/2016/info/archivos/resolucion-045-minminas.pdf>

<sup>61</sup> <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%20-%202015.pdf>

<sup>62</sup> Vivienda de Interés Social (VIS): Es aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMLM).

<sup>63</sup> Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP): Es aquella vivienda de interés social cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLM).

<sup>64</sup> [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/abc\\_guia\\_de\\_construccion\\_sostenible.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/abc_guia_de_construccion_sostenible.pdf)

<sup>65</sup> <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf>

- 40% de los requerimientos de agua caliente para edificaciones de viviendas no VIS/VIP deben ser cumplidos por los calentadores solares de agua.

### 5.3.3 Protocolo verde

Desde el 2013 se firmó el acuerdo Protocolo Verde, suscrito por el Gobierno y el sector financiero colombiano, que tiene por objetivo facilitar la convergencia de esfuerzos para la implementación de políticas y prácticas en términos de desarrollo sostenible. El mismo fue ratificado en 2017 y cuenta con 22 entidades bancarias con programas de financiamiento para las energías renovables. Los proyectos se evalúan en función de las emisiones ahorradas y otros parámetros típicos de los sistemas bancarios. Los créditos de estas líneas poseen años de gracia e intereses entre el 3 y 6%<sup>66</sup>.

## 5.4 Certificación

No existen procesos de certificación o de evaluación de la conformidad específicos de CSA o bien asociado a alguno de los beneficios mencionados. Existe normativa de certificación voluntaria.

Colombia no posee laboratorios acreditados en lo que refiere a la normativa específica de CSA. La entidad encargada de la acreditación de laboratorios y organismos de certificación e inspección es el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC)<sup>67</sup>.

### 5.4.1 Normativa

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)<sup>68</sup> posee una amplia y diversa gama de normas referidas a los CSA basadas en las normas ASHRAE. Su origen se remonta a los años 80 cuando la crisis en los precios del petróleo generó un auge de la energía solar térmica en Colombia (ver sección proyectos piloto). No obstante, no existe ningún reglamento o requisito oficial respecto del cumplimiento de las mismas.

La normativa existente y vigente se describe en la tabla 5.1:

<b>Tabla 5. 1. Normativa vigente respecto de los CSA en Colombia.</b>	
<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
NTC 5434-1	Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares. Parte 1. Requisitos generales
NTC 5434-2	Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares. Parte 2: métodos de ensayo

<sup>66</sup> Un ejemplo de ello son los productos ofrecidos por Bancoldex: <https://www.bancoldex.com/Modelo-de-gestion-ambiental-Bancoldex/Portafolio-de-productos-para-financiar-proyectos-d.aspx> o bien las líneas de FINDETER para energías renovables y eficiencia energética: [https://www.findeter.gov.co/publicaciones/linea\\_especial\\_energia\\_sostenibles\\_e\\_impacto\\_ambiental\\_2017\\_pub](https://www.findeter.gov.co/publicaciones/linea_especial_energia_sostenibles_e_impacto_ambiental_2017_pub)

<sup>67</sup> <http://www.onac.org.co/>

<sup>68</sup> <http://www.icontec.org/Paginas/Home.aspx>

NTC 1736	Energía solar. Definiciones y nomenclatura..
GTC (Guía técnica colombiana) 108	Energía solar. Especificaciones para sistemas de calentamiento de agua con energía solar, destinada al uso doméstico
NTC 4368	Eficiencia energética. Sistemas solares térmicos y sus componentes.
NTC 2631	Energía solar. Medición de transmitancia y reflectancia fotométricas en materiales sometidos a radiación solar
NTC 2774	Evaluación de materiales aislantes térmicos empleados en colectores solares
NTC 3322	Sellos de caucho usados en colectores solares de placa plana
NTC 3507	Instalación de sistemas domésticos de agua caliente que funcionan con energía solar
NTC 5291	Sistemas de calentamiento solar doméstico de agua (transferencia de calor de un líquido a otro).

## 5.5 Actividades de difusión

Las empresas de energías renovables se agrupan en dos asociaciones:

La **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ENERGÍAS RENOVABLES (ACER)** fue fundada el 14 de Octubre del año 2011. Es una asociación que fomenta el desarrollo y aprovechamiento de las energías renovables, funcionara por tiempo indefinido y no persigue fines de lucro, sino técnicos, académicos, científicos, culturales y Sociales, participando en proyectos de interés público.

La **Asociación de energías renovables Colombia (SER Colombia)**, creada en marzo de 2016 es una entidad privada sin ánimo de lucro que agrupa a más de 50 compañías a nivel local y global que han hecho su apuesta por las energías renovables. Las cuales aportan toda su experiencia y conocimiento desde el punto de vista de generadores, desarrolladores, proveedores y consultores.

Ambas asociaciones están mayormente orientadas a la generación eléctrica, en sintonía con los objetivos de la Ley N° 1.715.

En cuanto a la difusión de la energía solar térmica, no existe un programa específico en el cual se desarrolle material acerca de los beneficios o bien un programa de formación de un perfil específico de instalador o proyectista. Existen cursos o materias dictadas en Universidades como parte de otros perfiles no especializados.

## 5.6 Resultados

En Colombia, hacia mediados de la década de los 80, cuando el gas natural no desempeñaba

un papel importante en la canasta energética nacional, en ciudades como Medellín y Bogotá se desarrollaron algunos programas urbanísticos que incorporaron la instalación de sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua, siendo el más importante el Programa PESENCA (Programa Especial de la Energía en la Costa Atlántica). Unas de las conclusiones de estos programas fue que era mucho más barato calentar agua con el sol que con el uso de la electricidad. Bajo ese modelo de mercado incipiente, surgieron varios fabricantes locales que instalaron varios miles de m<sup>2</sup> de colectores solares. Se calcula que la instalación de unos 49.000 m<sup>2</sup> de colectores solares fue financiada con créditos del Banco Central Hipotecario. Hacia el año 1996 la masificación de estos sistemas cesó con la entrada del programa de uso masivo de gas natural y precios subsidiados, llegando sin embargo a que al año 2012, conforme ascendían los precios de este energético, los sistemas de colectores solares volvieran a ser competitivos por lo menos en algunos casos particulares, como es el caso de instalaciones en hospitales y hoteles o bien donde solo hay acceso de GLP o electricidad (UPME, 2015) y (Murcia, 2009). Esta situación sigue vigente hoy en día pero con los nuevos incentivos como la Ley N° 1.715 y el incentivo de la guía de construcción sustentable, se espera que el mercado evolucione favorablemente. Un aspecto positivo es que a pesar de no existir incentivos específicos de solar térmica, si existen líneas de créditos accesibles que permiten derribar el alto costo inicial del CSA, casi al mismo costo que el ahorro solar generado. Como objetivos pendientes, resta incorporar programas específicos de promoción de CSA, un esquema de evaluación de la conformidad acorde con el mismo y la complementariedad en la formación de instaladores y certificación de competencias personales.

## 6.0 México

### 6.1 Contexto energético México

De acuerdo con la última encuesta intercensal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México cuenta con un total de 119.538.753<sup>69</sup> habitantes y el número total de viviendas ocupadas asciende a 31.949.709 con aproximadamente 3,7 habitantes por vivienda. De acuerdo al último censo de 2010, el 47,8% de los hogares mexicanos cuentan con un calentador de agua (INFONAVIT-GIZ, 2015), basados principalmente en el consumo de GLP<sup>70</sup>. Traducido a números concretos, existen al menos 15.271.270 artefactos de calentamiento de agua de algún tipo. El uso de otras fuentes de energía para estos fines aún existe y el 52,2% de los hogares no cuentan con equipos para calentar agua.

Según el último informe de la agencia internacional de la energía (IEA, 2017), al 2015 México tiene una capacidad instalada de 2.862.626 m<sup>2</sup> de colectores entre todas sus aplicaciones y tecnologías, dando un total aproximado de 0,1 m<sup>2</sup> por vivienda o bien 3,2% de las viviendas cuentan con un CSA<sup>71</sup>. De acuerdo a las estadísticas de México, el consumo final del sector residencial respecto al total del consumo energético del país es de alrededor del 14%<sup>72</sup>. De esa energía, el 47% es utilizada para el calentamiento de agua sanitaria. En el caso de México, se estima que existe una capacidad anual de producción nacional de colectores de 150.000 m<sup>2</sup> (GIZ-IER, 2017), con una fuerte presencia adicional de comercialización de calentadores solares de origen chino que asciende hasta cerca del 45% (aproximadamente 120.000 m<sup>2</sup> de calentadores de tubos evacuados) del volumen instalado cada año en el país. Existen aproximadamente 24 empresas fabricantes de tecnología solar térmica, basadas casi todas ellas en colectores planos y algunas importan tubos evacuados y fabrican los tanques localmente (GIZ-IER, 2017).

### 6.2 Proyectos Piloto

PROCALSOL. El Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua PROCALSOL (2007-2012) fue un programa de promoción que tenía como propósito fomentar y promocionar el uso de calentadores solares en México. Nació de la iniciativa de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) en colaboración con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ, por sus siglas en alemán) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (Flores, 2014).

Entre los objetivos del PROCALSOL se encontraban:

- La instalación de 1,8 millones de m<sup>2</sup> de calentadores solares de agua (CSA) en México durante el período 2008-2012,
- Impulsar el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua en la vivienda, los comercios, la industria y los agronegocios.

<sup>69</sup> <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>

<sup>70</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103194/Aportaci\\_n\\_FAMERAC.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103194/Aportaci_n_FAMERAC.pdf)

<sup>71</sup> <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/vivienda/>

<sup>72</sup> Estadísticas SENER 2016: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas&fromCuadros=true>

- Garantizar que el crecimiento del mercado del calentamiento solar se lleve a cabo con un nivel de calidad adecuado.
- Favorecer el desarrollo de la industria nacional de calentadores solares (fabricantes, diseñadores de sistemas, distribuidores e instaladores de equipos).
- Promover la tecnología desarrollada por los centros de investigación nacionales.

Algunos resultados del programa fueron:

- Al cierre del 2012 se habían instalado 1.190.000 m<sup>2</sup>, se estima aproximadamente que 81% fueron instalados en construcciones nuevas y 19% en construcciones ya existentes<sup>73</sup>.
- El Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda.
- Apoyo en la creación del programa “Hipoteca Verde”.
- Desarrollo y publicación de la “Norma Técnica de Competencia Laboral para Instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua”.
- Contribución en la Norma NMX-ES-003-NORMEX-2007 sobre requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua.

Dada las condiciones del país y los escasos actores gubernamentales que contaban con programas de promoción para la energía solar térmica en el momento inicial, este programa se enfocó fuertemente en el desarrollo de mecanismos financieros y de garantía de calidad en el programa de vivienda social, como es el Programa Hipoteca Verde.

En base a los resultados, el programa PROCALSOL fue reemplazado por el Programa de Calentamiento Solar de Agua<sup>74</sup> desde el 2014 hasta 2018 y entre sus objetivos se encuentran:

- Mantener y fortalecer el marco legal normativo de CSA en México.
- Fomentar el desarrollo de capacidades de la infraestructura de calidad (IC).
- Mejorar la percepción y concientización de usuarios respecto de los CSA.
- Fortalecer el sistema de información relacionados con los programas e incentivos a CSA en todo México.
- Apoyar el desarrollo de nuevos programas de financiamiento de CSA.
- Realizar un seguimiento de las actividades llevadas a cabo.

En este marco, también se proponen Instalar 200.000 equipos de CSA en dos años en casas de habitación preexistentes, vendidos mediante tarjetas de crédito en esquemas de meses sin intereses y con el soporte de campañas multimedia de sensibilización y demostraciones en piso de los distribuidores.

---

<sup>73</sup> Típicamente las viviendas preexistentes tienen una sola bajada para agua caliente y fría y el uso de solar requiere de dos bajadas separadas. También pueden tener “vicios ocultos”. Al trabajar con viviendas nuevas se evitan estos problemas que pueden incidir negativamente en la percepción de la eficiencia de los CSA. Adicionalmente, disminuyen los costos de materiales de instalación y de mano de obra.

<sup>74</sup> <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-programa-de-calentamiento-solar-de-agua-2014-2018>

en piso de los distribuidores<sup>75</sup>.

## 6.3 Programas de incentivos

### 6.3.1 Hipoteca Verde

En el año 2010, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), lanzó el programa de “Hipoteca Verde”, en cumplimiento a la política nacional de vivienda que tiene como uno de sus objetivos propiciar que las acciones de vivienda constituyan un factor de sustentabilidad ambiental, ordenamiento territorial y desarrollo urbano, a través del otorgamiento de un crédito adicional para que los derechohabientes incluyan en sus viviendas tecnologías que generen ahorros en el consumo de gas, energía eléctrica y agua. La inclusión de las tecnologías es obligatoria y el monto adicional de crédito se fija de acuerdo al salario del adquirente. Las tecnologías que participan en el programa Hipoteca Verde deben cumplir con criterios de calidad, seguridad, eficiencia y garantías que aseguren su vida útil con relación a su desempeño para garantizar que realmente ayuden a reducir el consumo energético y de agua en la vivienda (estos requisitos se explican más adelante). Con este programa, el usuario paga la cuota de crédito adicional con el ahorro generado por las tecnologías eficientes. A partir del 2011 se generalizó el uso de los requisitos en todos los créditos del INFONAVIT y el programa sigue vigente al día de hoy. A través del programa hipoteca verde se han instalado anualmente entre 70 y 100 mil m<sup>2</sup> de colectores solares desde 2007 hasta 2015. Como dato adicional, en 2012, El INFONAVIT otorgó aproximadamente 580.000 créditos hipotecarios y el 69% de los créditos otorgados en México en 2012 fueron para el programa hipoteca verde. De aquí la importancia de incorporar la hipoteca verde asociada a los créditos del INFONAVIT.

### 6.3.2 Subsidio Federal “Ésta es tu Casa”

El propósito de este subsidio operado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) es que los trabajadores de menores ingresos puedan incrementar su capacidad de compra. Entre los requisitos que se solicitan para obtener el subsidio “Ésta es tu Casa” se encuentra que las viviendas nuevas deberán incorporar tecnologías para el uso eficiente del agua y la energía, entre ellos los CSA. Este programa sigue vigente y el sistema de acceso es similar al de hipotecas verdes.

### 6.3.3 Programa de Vivienda Sustentable

Este programa busca promover el uso de tecnologías eficientes en las nuevas viviendas construidas por el Instituto de Vivienda del Distrito Federal (INVI), como parte del “Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012” y alineado a la labor del Sistema de Administración Ambiental. Este programa sigue vigente y el sistema de acceso es similar al de hipotecas verdes y además sirvió como referencia para que algunos municipios dieran créditos y apoyos para la adquisición de un calentador solar.

---

<sup>75</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/294406/Informe\\_Bimcon\\_1t\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/294406/Informe_Bimcon_1t_2017.pdf)

## 6.4 Certificación

De acuerdo a su régimen de aplicación, la ley federal de México sobre metrología y normalización distingue dos tipos de normas (Campos, 2016):

- Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de aplicación obligatoria.
- Normas Mexicanas (NMX) de aplicación voluntaria.

La mencionada ley determina como finalidad de las normas oficiales mexicanas (NOM) las de establecer las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales.

Dado que establecer la obligatoriedad de una norma requiere un tratamiento complejo, típicamente se adopta una normativa en forma voluntaria (NMX) y luego con la experiencia de ésta se desarrolla la NOM una vez que el mercado está listo.

Las normas NMX son emitidas por la Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (NORMEX)<sup>76</sup>.

La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) es la que tiene delegada la facultad de acreditar laboratorios, organismos de certificación de productos y organismos de inspección.

A los fines de establecer correctamente el programa de Hipotecas verdes en el marco del PROCALSOL y dado que no existían normas NOM, el INFONAVIT le encargó a la CONUEE la elaboración de las especificaciones técnicas y requisitos que deberían cumplir los sistemas solares térmicos que entren dentro del programa. Como respuesta a este pedido, y tomando como base para su elaboración las normas internacionales ISO y la experiencia de los fabricantes nacionales de CSA, la CONUEE elaboró el DIT (Dictamen de Idoneidad técnica) que posteriormente fue mejorado y convertido en el Dictamen Técnico de Energía Solar en la Vivienda (DTESTV). El mismo está formado por una serie de requisitos aplicables a los sistemas de calentamiento de agua, cuya fuente de energía sea la radiación solar y como respaldo un calentador de agua, cuya fuente de energía sea el GLP o el gas natural, la energía eléctrica o cualquier otra fuente de energía. Desde la creación del DTESTV, todos los equipos solares térmicos que participen en alguno de los programas de promoción/incentivos mencionados, deben estar certificados conforme al mismo, por un organismo certificador de productos acreditado a tal fin. Aquí es donde entra la excepción. Dado que la certificación exigida en los programas del INFONAVIT no proviene de una norma NOM, entonces no requiere la obligatoriedad de que la entidad certificadora esté acreditada como tal ante EMA, sino que es suficiente que la certificadora se encuentre acreditada como tal para otros productos conexos al DTESTV como los calentadores a GLP o gas natural. Lo mismo aplica a los laboratorios. Adicionalmente, y dado que no hay laboratorios acreditados formalmente (Campos, 2016), los organismos de certificación auditan a los laboratorios que realizan los ensayos según se exige en el DTESTV y las normas NMX pertinentes.

---

<sup>76</sup> [www.normex.com.mx](http://www.normex.com.mx)

De acuerdo a la definición de dictaminación definida por ANCE<sup>77</sup> (una de las certificadoras acreditadas para emitir el DTESTV), la misma es *“una opinión técnica experta sobre el desempeño de aquellos productos que se evalúan bajo una especificación. Dicho dictamen se basa en criterios rigurosos de cumplimiento en cuanto a seguridad, ahorro de energía, fácil reciclaje, buen servicio, durabilidad, etc.”*

De esta manera, el DTESTV puede entenderse como la opinión de un experto bajo ciertos requisitos en vez intentar comparar al mismo a un sistema de evaluación de la conformidad con terceras partes independientes acreditadas formalmente por el organismo nacional de acreditación.

Actualmente está en desarrollo la NOM-027-ENER-2016 *“Rendimiento Energético y seguridad de los calentadores solares de agua para uso doméstico operados con energía solar y gas (L.P. o Natural) o cualquier otra energía. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado”* que de aprobarse pasará a exigir la obligatoriedad para todos los equipos del mercado y no solamente de los que participen en los programas de vivienda social del INFONAVIT o cualquier otro programa de promoción. La figura 6.1 muestra el esquema actual de certificación de los equipos que participan de algunos de los programas de incentivos.

**Figura 6. 1. Esquema de certificación de los equipos que participan en los programas de promoción del INFONAVIT u otro relacionados con la vivienda social.**



De existir una norma NOM de requisitos y entrar ésta en vigencia, los OC, los laboratorios y los organismos de verificación y certificación deberán acreditarse en conformidad con la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) bajo algunas de las NMX que se describen a continuación, para los productos y ensayos específicos que exija la norma NOM:

<sup>77</sup> <http://www.ance.org.mx/?ID=1018>

- Organismo de Certificación NMX-EC-065-IMNC-2014
- Laboratorio de Pruebas NMX-EC-17025-IMNC-2006
- Unidades de Verificación NMX-EC-17020-IMNC-2014

Actualmente existen 3 organismos de certificación y 5 laboratorios de ensayos que respaldan la IC necesaria para el cumplimiento del DTESTV. El sistema de certificación de los equipos solares se basa por un lado en la extensión del alcance del OC a los productos solares y la supervisión de éstos a los laboratorios de ensayos mediante un esquema similar al de la ISO 17025.

Los organismos de certificación acreditados ante EMA para certificar el DTESTV son los siguientes:

- Asociación Nacional de Normalización y Certificación<sup>78</sup> (ANCE)
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación<sup>79</sup> (ONNCCE)
- Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación<sup>80</sup> (NORMEX)

Los laboratorios habilitados por los OC para ensayar los equipos conforme al DTESTV y la normativa asociada son los siguientes:

- Instituto de Energía Renovable-Universidad Autónoma de México<sup>81</sup> (IER-UNAM)
- Grupo Industrial Saltillo<sup>82</sup>
- CONCYTEG -Universidad de Guanajuato<sup>83</sup> (Laboratorio de Energía Solar )
- Laboratorio Mexicano de Pruebas Solares Mexolab<sup>84</sup>
- Instituto de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables y Eficiencia Energética<sup>85</sup> (IIDEREE)

#### 6.4.1 Normativa

Las Normas Mexicanas (NMX) vigentes de calentamiento solar de agua y de cumplimiento voluntario se muestran en la tabla 6.1:

---

<sup>78</sup> <http://www.ance.org.mx>

<sup>79</sup> <http://www.onncce.org.mx>

<sup>80</sup> <http://www.normex.com.mx>

<sup>81</sup> <http://xml.cie.unam.mx>

<sup>82</sup> <http://www.gis.com.mx>

<sup>83</sup> <http://www.ugto.mx>

<sup>84</sup> <http://www.mexolab.com>

<sup>85</sup> <http://iideree.org>

<b>Tabla 6. 1. Normativa técnica aplicable a los CSA para México.</b>	
<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
NMX-ES-001-NORMEX-2005	Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua- métodos de prueba y etiquetado
NMX-ES-002-NORMEX-2007	Definiciones y terminología de CSA
NMX-ES-003-NORMEX-2007	Requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para calentamiento de agua
NMX-ES-004-NORMEX-2010	Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua- método de prueba

En sus objetivos, El DTESTV establece las especificaciones que deben cumplir los sistemas de calentamiento de agua, cuya fuente de energía sea la radiación solar y como respaldo utilice un calentador de agua con fuente de energía a GLP o el gas natural, energía eléctrica o cualquier otra. Además establece los métodos de prueba para su verificación y los requisitos de marcado y etiquetado.

En su campo de aplicación, el documento aplica a todos los sistemas de calentamiento de agua para todos los programas de vivienda que establezcan o instrumenten dependencias y entidades de la administración pública federal (APF), centralizada y paraestatal, así como los organismos del servicio social, cuya función sea otorgar financiamiento a la vivienda para su adquisición.

En la tabla 6.2 se muestran los ensayos que es necesario realizar sobre los CSA según el DTESTV. Todos ellos están basados en la EN 12976:1 y EN 12976:2 pero tienen algunas modificaciones. Algunas diferencias están relacionadas con las capacidades de clima de México y otras en el uso de los equipos. Por ejemplo, la norma Europea no define una presión específica para la prueba de resistencia a la presión hidrostática sino que simplemente establece que sea 1,5 veces lo que el fabricante sostiene que soportan los equipos. En el DTESTV, las pruebas deben realizarse a 4,5 kg/cm<sup>2</sup> de presión para un uso o bien a 9 kg/cm<sup>2</sup> para otros usos. No obstante, los métodos son bastante similares.

<b>Tabla 6. 2. Ensayos requeridos en el DTESTV</b>	
<b>ENSAYO</b>	<b>MÉTODO</b>
Resistencia a alta temperatura	Descrito en DTESTV
Choque térmico externo	Descrito en DTESTV
Choque térmico interno	Descrito en DTESTV
Penetración de lluvia	Descrito en DTESTV
Resistencia a la presión positiva	Descrito en DTESTV
Resistencia al sobrecalentamiento	Descrito en DTESTV
Resistencia a la presión hidrostática	Descrito en DTESTV
Resistencia a las heladas	Descrito en DTESTV
Resistencia al impacto	Descrito en DTESTV
Ahorro de gas	Descrito en DTESTV
Rendimiento térmico del calentador	NMX-ES-004-NORMEX-2010
Capacidad del termotanque	Descrito en DTESTV
Componentes mínimos obligatorios	Descrito en DTESTV
Desarmado e inspección final	Descrito en DTESTV
Garantía	Descrito en DTESTV

En el marco del PROCALSOL, también se crearon estándares para la competencia laboral. Los esfuerzos emprendidos en este sentido se vieron reflejados en mayo de 2013, con la publicación en el Diario Oficial de la Federación del Estándar de Competencia Laboral EC0325 “*Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable*”<sup>86</sup>. Éste estándar sienta las bases para subsanar las deficiencias de instalación presentadas en el Programa Hipoteca Verde de INFONAVIT, y constituye el primer paso para aplicar un proceso común de aseguramiento de la calidad en el marco del Sistema Nacional de Competencias, promovido por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER). El estándar sigue vigente al día de hoy pero su aplicación es obligatoria solo dentro del programa de Hipoteca Verde pero no para el resto de las instalaciones o programas. Es posible formarse y certificar en varias instituciones y entidades certificadoras a lo largo de todo México.

## 6.5 Actividades de difusión

México ha desarrollado una tarea muy activa en lo que refiere a la difusión de los CSA.

<sup>86</sup> El estándar puede accederse en: <http://conocer.gob.mx/listado-estandares-competencia/>

Todas las medidas técnicas y financieras contempladas en los diferentes programas no se habrían materializado en la instalación de CSA, sin una estrategia conjunta con el INFONAVIT de difusión y sensibilización al público meta y las oficinas regionales del Instituto. Para lograr la sostenibilidad de las acciones de los programas, fue necesario una ardua presencia en foros y la distribución de materiales de sensibilización con lenguaje accesible, para incidir en los usuarios en optar por incorporar un calentador solar de agua como parte de su crédito hipotecario.

Muestra de estas acciones, dirigidas a todos a los derechohabientes del INFONAVIT de diferentes estratos sociales para promover la elección de CSA como parte de su hipoteca de vivienda y a los responsables de las oficinas regionales del INFONAVIT se presentan a continuación.

#### Difusión presencial:

- Conferencia de prensa (lanzamiento del proyecto “25.000 Techos Solares para México”) dirigida a los actores relevantes del sector de la vivienda (públicos y privados) y derechohabientes del INFONAVIT.
- Presencia en Seminarios de promoción y difusión.

#### Materiales impresos:

- Distribución de Dípticos, en 47 exposiciones de vivienda efectuadas en 18 estados del país.
- Distribución de Posters en lugares públicos y oficinas del INFONAVIT.
- Distribución de Comic con lenguaje accesible para amas de casa y niños en todo el país.
- Boletines informativos internos de INFONAVIT, para comunicar periódicamente a los encargados de las oficinas regionales del Instituto acerca del objetivo del Proyecto y los resultados logrados en cada estado.
- Guía práctica de instalación de bolsillo, dirigida a los técnicos que instalan los CSA dentro del Programa Hipoteca Verde.

#### Medios masivos de comunicación audiovisuales:

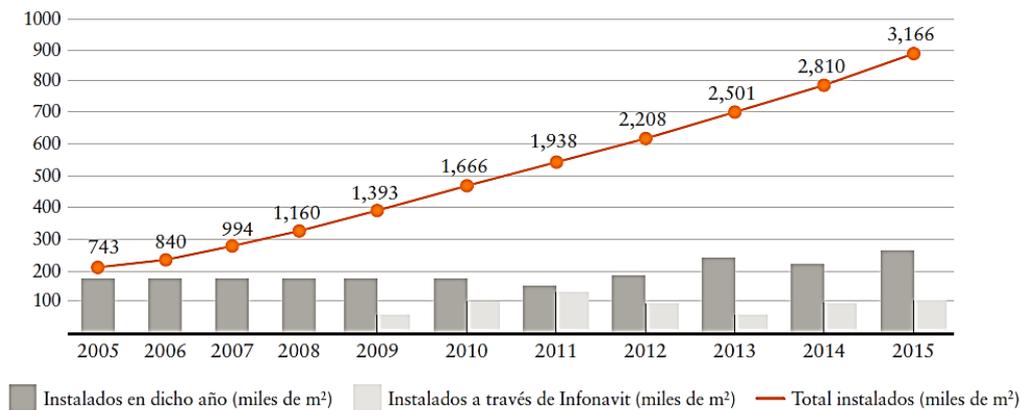
- Portal web explicativo del proyecto “25.000 Techos Solares para México” (beneficios, requisitos), alojado en la página del INFONAVIT a partir de junio de 2010.
- Video explicativo de las ventajas de usar calentadores solares de agua en el sector vivienda, publicado en el portal del INFONAVIT y [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
- Video conferencias a las oficinas regionales del INFONAVIT, para explicar los objetivos, alcances y mecánica de operación del Proyecto 25,000 Techos Solares para México.
- Encuestas telefónicas a usuarios para validar la entrega y utilidad del calentador solar con subsidio GIZ.
- 25.000 TECHOS SOLARES INFONATEL, línea telefónica habilitada para explicar a los derechohabientes del INFONAVIT los beneficios del Proyecto: monto de subsidio, ahorros de energía, requisitos.

Con la difusión de las redes social desde 2012 hasta la actualidad, México ha desarrollado mucho más las actividades en forma virtual a través de videos on-line y canales específicos de la CONUEE.

## 6.6 Resultados

La figura 6.2. Muestra la evolución del área total instalada hasta el 2015 como resultado de los diferentes programas mencionados (GIZ-IER, 2017).

**Figura 6. 2. Evolución del área de colectores solares instalados desde 2005 hasta 2015<sup>87</sup>**



Fuente: Elaborado por GIZ a partir de información del Balance Nacional de Energía 2015 (SENER) y estadísticas de calentadores solares de agua instalados a través del Programa Hipoteca Verde de Infonavit.

Si bien solo se requiere que los proveedores certifiquen los equipos cuando los mismos participan de algún programa de incentivos, a la hora de vender sus productos a clientes particulares, exhiben que sus productos están certificados conforme al DTESTV, usando el mismo como estrategia de marketing<sup>88</sup>.

En la última década, la participación de los distintos tipos de combustibles para satisfacer la demanda energética de los hogares en México ha permanecido prácticamente constante, con los combustibles fósiles tradicionales y la electricidad como principales fuentes. Sin embargo, la energía solar ha registrado el crecimiento más dinámico dentro del sector: se estima que de la capacidad instalada en 2015, aproximadamente 30% se instaló en el marco del Programa Hipoteca Verde del INFONAVIT.

Dado que la mayoría de las políticas de incentivos en México fue destinada a vivienda nueva, los nuevos programas de incentivos están haciendo énfasis en atacar las viviendas preexistentes con mecanismos nuevos de financiamiento.

Desde este trabajo, solo fue posible acceder a los registros de ONNCCE en donde se encontraron 20 modelos de CSA provenientes de 10 marcas que tenían vigente su certificado de DTESTV. No fue posible acceder a los registros de las otras dos certificadoras de producto.

<sup>87</sup> <http://www.promexico.mx/documentos/biblioteca/industria-solar.pdf>

<sup>88</sup> [http://www.siesol.com.mx/index\\_es.php?action=page&option=90](http://www.siesol.com.mx/index_es.php?action=page&option=90)

Desde hace varias décadas, los fabricantes mexicanos han acumulado una amplia experiencia en la fabricación de colectores solares planos, y hasta el 2008 suministraban la mayor parte de la demanda del mercado nacional. De acuerdo con el mapa de la industria solar (Energy, 2015) la producción de colectores solares planos y de tubos evacuados en México ascendió a 265.000 m<sup>2</sup> en 2014. Ese año comenzaron a ensamblarse en México colectores de tubos evacuados de manera masiva (16.000 m<sup>2</sup>). Esto se debe en gran parte a que no hay ningún beneficio impositivo impuesto específico a la producción y distribución de calentadores solares de agua y las importaciones están sujetas a las reglas generales establecidas en la Ley de Comercio Exterior y en la Ley de los Impuestos Generales de importación y Exportación, sin que sea gravado sobre ellos algún impuesto especial, arancel ni cuota compensatoria (SEMARNAT, 2017). Esta política, genera que la producción genuina de colectores solares sea cara en comparación con la importación de componentes de China y el ensamblado local. Típicamente se importan los tubos evacuados de doble vidrio y los tanques y la estructura se fabrican localmente.

Según (GIZ-IER, 2017) hasta el 2016, no se tenía registro de análisis robustos del perfil de manufactura de tecnologías fototérmicas (valor agregado, comercio, tamaño del mercado y capacidad de manufactura) en México. A diferencia de lo que ocurre en el sector fotovoltaico, para el sector fototérmico no existen metodologías ni estructuras de intercambio de información bien establecidas entre de agencias del gobierno federal y del sector privado, para monitorear el desarrollo de este mercado en el país.

Las actividades de producción, distribución, instalación y uso de CSA no están obligadas por la Legislación ni por la normatividad mexicana a contratar pólizas de seguros por responsabilidad civil por daños a terceros (SEMARNAT, 2017).

En términos generales, se estima que en 2014, México importó 24,6 millones de dólares y exportó únicamente 10.000 dólares de colectores solares de agua. Prácticamente el volumen total de las importaciones, en su mayoría de calentadores solares de tubos evacuados provenientes de China (24,2 millones de dólares), se destina al mercado nacional. Entre 2014 y 2016, la importación de colectores solares de tubos evacuados creció a una tasa promedio anual de 17%. En 2016, la importación de equipos provenientes de China alcanzó un valor de 33,1 millones de dólares. Además de China, los principales proveedores de México son España, Alemania y Francia. Las exportaciones mexicanas de esta tecnología registran un valor relativamente bajo (U\$ 86.000 en 2016) en comparación con las importaciones, con Estados Unidos su principal destino.

Como consecuencia del mercado Mexicano nacional e importado, existen dos asociaciones que nuclea tanto fabricantes como importadores de energía solar térmica, a saber:

- ANES: Asociación Nacional de Energía Solar
- FAMERAC: Asociación de Fabricantes Mexicanos de Energías Renovables

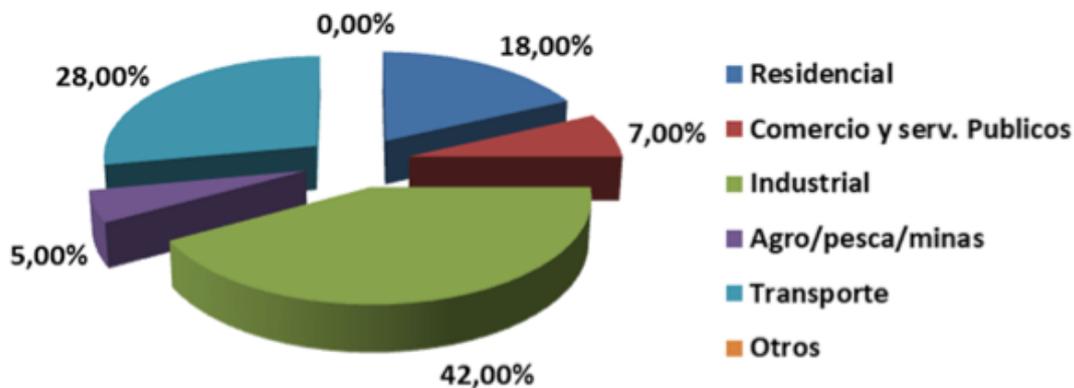
Ambas asociaciones promueven el uso de los CSA, pero FAMERAC promueve específicamente la fabricación local.

## 7.0 Uruguay

### 7.1 Contexto Energético Uruguay

Según el último censo de población realizado en Uruguay<sup>89</sup>, el país cuenta con 3.440.157 habitantes, una media de 3,0 personas por hogar/vivienda y un total 1.133.256 hogares de los cuales un 91% posee calentador de agua. De esta manera, existen en Uruguay 1.031.262 artefactos de calentamiento de agua de algún tipo. Conforme a los datos de la Dirección Nacional de Energía en 2013<sup>90</sup>, el 89% de los hogares posee un termotanque eléctrico, el 6% posee calentadores eléctricos instantáneos y el restante 5 % se distribuye entre sistemas de gas natural, GLP y leña. El sector residencial es responsable por un 18% del uso final de la energía (figura 7.1), y en promedio el 37 % de la factura eléctrica de una familia está destinada al calentamiento de agua residencial. De acuerdo con las últimas estadísticas del Ministerio de Industria, Energía y Minería<sup>91</sup> el consumo final energético en Uruguay, en 2016, el 38,27% provino de derivados del petróleo, seguido de un 26,69% de residuos de biomasa, electricidad con un 20,78%, leña y carbón vegetal con un 11%, biocombustible con 1,85%, gas natural con el 1,04% y energía solar con menos del 1%.

Figura 7. 1. Uso final de la energía en Uruguay.



### 7.2 Proyectos Piloto

En el año 2011 el MIEM firmó un convenio con el Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR) con el objetivo acercar a la comunidad y a los organismos planifica-

<sup>89</sup> <http://www.ine.gub.uy/web/guest/censos-2011>

<sup>90</sup> [http://www.miem.gub.uy/documents/15386/7565677/Informe\\_Encuesta\\_Residencial\\_2013\\_3.03.2016.pdf](http://www.miem.gub.uy/documents/15386/7565677/Informe_Encuesta_Residencial_2013_3.03.2016.pdf)

<sup>91</sup> <http://www.dne.gub.uy/publicaciones-y-estadisticas/planificacion-y-balance/estadisticas>

dores de políticas en materia de vivienda, herramientas de Eficiencia Energética que permiten reducir el consumo eléctrico, redundando en beneficios directos para el usuario y la economía nacional, poniendo en marcha un proyecto piloto de instalación de CSA en viviendas rurales. El proyecto se desarrolló en la localidad de Castellanos, Departamento de Canelones en donde se instalaron equipos solares térmicos en 36 hogares. Según el informe del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM)<sup>92</sup>, el resultado del proyecto piloto fue muy satisfactorio. De las entrevistas con los usuarios, se relevó que en todos los casos los calentadores solares funcionaron muy bien, no hay reclamos ni problemas al respecto. En términos generales, las familias relataron que casi no habían prendido sus termotanques y que la mayoría del agua caliente que utilizan es calentada solo con los calentadores solares y que solo prenden sus calefones cuando está nublado o lluvioso durante varios días. Con los resultados de este proyecto piloto, se dio sustento a los incentivos de promoción como el “Plan Solar”, explicado más adelante.

## 7.3 Programas de incentivos

### 7.3.1 Ley N° 18.585 - Ley energía solar térmica

En septiembre de 2009 se aprobó la Ley N° 18.585 “Energía Solar Térmica” que exige instalar sistemas de Energía Solar Térmica a las nuevas obras y refacciones integrales de los sectores de mayor consumo de agua caliente: Centros de salud, Hoteles, Clubes, Piscinas Climatizadas y Organismos Públicos (al menos el 50 % de la energía para calentar el agua en estas instalaciones, tiene que provenir del sol). Esta ley fue reglamentada a través del decreto 451/011 y posteriormente modificada por el decreto 325/12.

La Ley N° 18.585 y sus decretos reglamentarios establecen una exoneración de IVA, impuestos aduaneros e impuesto específico Interno (IMESI) para fabricación de colectores solares térmicos con un componente nacional mínimo de 35%, alcanzando mano de obra directa, componentes, insumos, y utilidades. Para obtener el beneficio deben presentar los planos y tener el certificado de fabricación nacional ante la Dirección Nacional de Industria del MIEM. A partir de septiembre del 2014, se encuentra vigente la obligación de incorporación de CSA para nuevas construcciones públicas. A los fines de cumplir con la misma, Uruguay ha desarrollado un pliego técnico<sup>93</sup> (decreto 314/010 del año 2010) mediante el cual se homogenizan todas las compras referentes a la tecnología solar térmica a nivel estatal.

Adicionalmente a ello, ha definido como obligatorios los requisitos de Preinstalaciones sanitarias y constructivas en viviendas de interés social. En la resolución del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) que reglamenta la promoción de la vivienda de interés social, establece en el artículo 8 - Preinstalación para calentamiento de agua por medio de energía solar, que: *“Los proyectos deberán prever las instalaciones sanitarias y de obras, necesarias para que las viviendas puedan recibir en el futuro, el equipamiento para calentamiento de agua por medio de energía solar.”* Esta última componente, respaldada fuertemente en el proyecto piloto de Canelones.

---

<sup>92</sup> [http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/Mevir%20\\_InformeRecorridaEvaluacionColectoresSolares.pdf](http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/Mevir%20_InformeRecorridaEvaluacionColectoresSolares.pdf)

<sup>93</sup> [http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/marco\\_legal/Decreto314-010\\_PliegoCondicionesTecnicasVersion2.pdf](http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/marco_legal/Decreto314-010_PliegoCondicionesTecnicasVersion2.pdf)

### 7.3.2 Ley N° 16.906 - Ley de Promoción de Inversiones

Para las empresas ya existen beneficios impositivos relacionados con la energía solar aplicando al decreto 02/2012 de la Ley N° 16.906 de Promoción de Inversiones.

Si bien esta ley es anterior a la Ley N° 18.585, pero existe un gran desconocimiento acerca de la aplicación de esta ley. A tal punto que el mercado solar térmico nunca recibió impulso por las implicancias de esta ley.

Los beneficios de la Ley N° 16.906 incluyen:

**Decreto N° 02/2012.** Las empresas que inviertan en equipamiento solar (considerado como una inversión en Producción Más Limpia), pueden ser exoneradas de un porcentaje de la inversión a ser descontados del Impuesto a las rentas de las actividades económicas (IRAE) en 5 años.

**Decreto 354/2009.** Para la fabricación nacional de equipamiento solar y la transformación de energía solar en energía. Exoneraciones en el pago de IRAE por 12 años (6 años con 90 % de exoneración, 3 años con 60 % y 3 años con 40 %).

### 7.3.3 Plan Solar

El “Plan Solar” (Decreto 50/2012) es un programa para facilitar el acceso a un sistema de energía solar térmica a nivel residencial.

El plan solar apunta solo al sistema solar térmico. No incluye la adquisición de un sistema de apoyo eficiente, sino que el usuario sigue utilizando el sistema de apoyo preexistente, pudiendo ser éste un calefón, un termotanque o una caldera. De esta manera, el ahorro real del sistema solar térmico dependerá del tipo de sistema de apoyo sobre el cual se acople.

La Dirección Nacional de Energía (DNE) coordinó el Plan Solar con todas las instituciones públicas y privadas que se consideró podían aportar al mismo.

El Plan Solar intenta bajar las dos barreras principales identificadas para la incorporación de sistemas solares térmicos a nivel residencial:

- Inversión inicial alta
- Desconocimiento del tema y dudas sobre el real beneficio

La metodología propuesta en el plan solar para derribar esas dos barreras son las siguientes:

1. Financiamiento del Banco Hipotecario de Uruguay (BHU) hasta en 60 cuotas (5 años) para la compra de sistemas solares térmicos. Este tiempo de financiamiento permite que la cuota que paga el usuario sea de un valor similar al ahorro de electricidad/gas obtenido por el uso del equipo solar térmico.

2. Para los primeros 2000 usuarios que adquieran un sistema solar térmico en el marco del plan solar, la Empresa de Energía Eléctrica de Uruguay (UTE) brinda un bono de eficiencia a cada familia de 700 pesos mensuales (U\$ 25 aproximadamente) durante 24 meses. El usuario puede utilizar este bono como crédito al momento de pagar su factura de electricidad.

Los equipos comercializados en el plan solar requieren de una certificación y adicionalmente, las instalaciones solo pueden ser realizadas por profesionales registrados (RTI: responsables técnicos de instalación). Como medida adicional, cada equipo instalado está obligado a contratar un seguro. Más adelante en la sección certificación se explican los detalles de este procedimiento.

## 7.4 Certificación

La participación en cualquiera de estas políticas de incentivo exige:

- Equipos aprobados por el organismo regulador e inscriptos en el registro MIEM<sup>94</sup>.
- Instalaciones realizadas de acuerdo al reglamento nacional definido en las Especificaciones Técnicas Uruguayas (ETUS)<sup>95</sup>.
- Responsables técnicos de la instalación registrados en MIEM<sup>96</sup>.

Como requisito adicional al equipamiento adquirido, se exige que cada instalación tenga un seguro emitido por el Banco de Seguros del Estado (BSE) o cualquier otra aseguradora por un período de 5 años contra robo, clima (granizo, vientos, etc.), vandalismo y contra terceros por 50.000 U\$.

De acuerdo al Decreto 451/2011 y 325/2012 de la Ley N° 18.865, existen 3 registros en la DNE que se describen a continuación, incluyendo los requisitos de información que se solicita en cada categoría:

- **Registro de Productores de Equipamiento Solar térmico.**
  - o Datos identificatorios.
  - o Descripción detallada del equipamiento fabricado.
  - o Certificado de ensayo que acredite cumplimiento con normas de calidad, seguridad y eficiencia.
  - o Certificado de la Dirección Nacional de Industria (DNI) confirmando que el producto es Nacional.
  - o Designación de un Ingeniero Industrial, químico, civil o eléctrico como responsable de calidad, seguridad y eficiencia del equipamiento.

---

<sup>94</sup> <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/proveedores-e-instaladores>

<sup>95</sup> <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/marco-legal/marco-legal-solar-termica>

<sup>96</sup> <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/proveedores-e-instaladores>

- **Registro de Importadores de Equipamiento Solar térmico. Ídem anterior, solo que la descripción se refiere al equipamiento importado y no es necesario presentar el certificado de la DNI.**
- **Registro de Responsables Técnicos de Energía Solar Térmica.**
  - o Información identificatoria.
  - o Título de ingeniero Industrial, químico, civil o eléctrico o bien Titulo de Arquitecto.
  - o Es posible que el RTI demuestre idoneidad técnica sin los títulos mencionados en cuyo caso, deberá ser aprobado por un tribunal de evaluación por única vez de MIEM.

Cada registro tiene una vigencia de 3 años y puede ser prorrogada por períodos de 5 años, presentando el pedido de prórroga 6 meses antes del cumplimiento de los 3 años. Los datos de equipos y demás deben ser actualizados cada seis meses.

Según las ETU, "(...) El sistema prefabricado deberá cumplir la normativa vigente o, alternativamente, los requisitos provisionales establecidos en 02.9.1. Adicionalmente, y en cualquiera de los casos, también deben cumplir los requisitos adicionales indicados en 02.9.2 que les sean de aplicación (...)". Los requisitos provisionales son mayormente características que pueden ser identificadas o medidas sin necesidad de un banco de ensayos. Entre esos requisitos y específicamente para los equipos importados, se encuentra el certificado de cumplimiento de la normativa de origen.

Existen dos facilidades para los ensayos requeridos:

- Laboratorio Tecnológico Uruguayo (LATU) funciona el Banco de Ensayos de calificación (calidad y seguridad) para colectores y sistemas prefabricados<sup>97</sup>.
- Laboratorio de Energía Solar (LES) de la Universidad de la República, funciona el Banco de ensayos de eficiencia, para colectores y sistemas prefabricados<sup>98</sup>.

Si bien toda la normativa exigida se encuentra disponible y las normas UNIT específicas se encuentran vigentes, todavía ninguno de los laboratorios se encuentra acreditados por el Organismo Uruguayo de Acreditación (OUA). Ambos laboratorios han comenzado su operación en forma relativamente reciente. A medida que desarrollen plenamente las capacidades de los bancos de ensayos y según lo piden las ETU, los laboratorios irán ganando presencia en el sistema de evaluación de la conformidad de CSA en Uruguay y también se sumarán los organismos certificadores de productos y de inspección de productos. Por el momento se exige el cumplimiento de ciertos requisitos físicos definidos en las ETU, mediante declaración jurada y la normativa referente a la calidad mínima de las instalaciones.

---

<sup>97</sup> <http://www.latu.org.uy/>

<sup>98</sup> <http://les.edu.uy/>

### 7.4.1 Normativa

Desde el año 2008, Uruguay ha desarrollado toda la normativa adecuada para desarrollar correctamente la infraestructura de calidad. En las ETU, la normativa pertinente está citada como referencia ya sea para requisito o para ensayo. Las normas vigentes se muestran en la tabla 7.1:

<b>Tabla 7. 1. Normativa de CSA disponible en Uruguay.</b>	
<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
UNIT 1185:2009	Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Requisitos. UNIT 705:2009 sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares, requisitos.
UNIT 1195:2012	Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida.
UNIT-ISO 9459-2:1995	Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción de rendimiento anual de los sistemas solares
UNIT-ISO 9806-1:1994	Métodos de ensayo para colectores solares. Parte 1: desempeño térmico de colectores con vidrio de calentamiento líquido considerando caída de presión
UNIT-ISO 9806-2:1995	Métodos de ensayos para colectores solares. Parte 2: procedimientos de ensayo de calificación
UNIT-ISO 9806-3:1995	Métodos de ensayo para colectores solares. Parte 3: desempeño térmico de colectores sin vidrio de calentamiento líquido considerando caída de presión (solamente transferencia de calor sensible)
UNIT-ISO 1184:2010	Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Métodos de ensayo
UNIT-ISO 1196:2012.	Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Métodos de ensayo

Particularmente y a modo de comparación con los demás países, en la tabla 7.2 se resumen los ensayos que debe cumplir un sistema prefabricado para poder ser incorporado a una instalación conforme a las ETU.

<b>Tabla 7. 2. Protocolo de ensayos para sistemas prefabricados conforme a la UNIT 1184.</b>	
<b>NORMA</b>	<b>ENSAYO</b>
UNIT 1184	Resistencia a congelamiento
UNIT 1184	Protección contra sobre temperaturas
UNIT 1184	Resistencia a la presión
UNIT 1184	Contaminación del agua
UNIT 1184	Protección contra rayos
UNIT 1184	Equipos de seguridad
UNIT 1184	Etiquetado
UNIT 1184	Caracterización del rendimiento térmico
UNIT 1184	Capacidad del sistema solar + auxiliar para cubrir la carga
UNIT 1184	Protección contra flujo invertido
UNIT 1184	Seguridad eléctrica (cuando aplique)

Gran parte de la normativa para colectores, tanques y sistemas está basada en la EN 12975:1, EN 12975:2, EN 12976:1, EN 12976:2 y las ISO 9806 y 9459. Las modificaciones sobre las normas de origen radican en pequeñas diferencias sobre las cuales es necesario intervenir. Por ejemplo en la UNIT 1184 se definen las condiciones climáticas y de irradiación bajo las cuales es necesario ensayar al sistema prefabricado conforme al método de la UNIT-ISO 9459:2.

### 7.5 Actividades difusión

Para promover y difundir los beneficios de esta tecnología, los alcances de la ley y los beneficios del plan solar, se plantearon las siguientes acciones:

- Promoción del Plan Solar mediante campaña de medios realizado por UTE (<https://portal.ute.com.uy/clientes/plan-solar> y <https://www.youtube.com/watch?v=LVJA0gCIQ2s>).
- Eventos y stands en centros comerciales.
- Call center: UTE al 0800 1930 telefonía fija o al \*1930 por telefonía móvil.
- Sitio web del plan solar (<http://www.energiasolar.gub.uy/> ).

Adicionalmente a ello, para promover la difusión del uso de la energía solar se conformó una organización denominada “Mesa Solar”<sup>99</sup>. La Mesa Solar es un espacio multisectorial para la promoción de la energía solar en el Uruguay. Su objetivo es viabilizar la energía solar en el Uruguay, promoviendo la creación de instrumentos que impulsen su desarrollo y coordinando acciones entre los actores vinculadas a la temática.

La Mesa Solar fue propuesta y promovida por organizaciones de la sociedad civil en un Foro Regional de Energías Renovables en agosto de 2007, donde inició un proceso de conformación y su lanzamiento público se realizó en marzo del 2008 en la Facultad de Arquitectura - UDELAR.

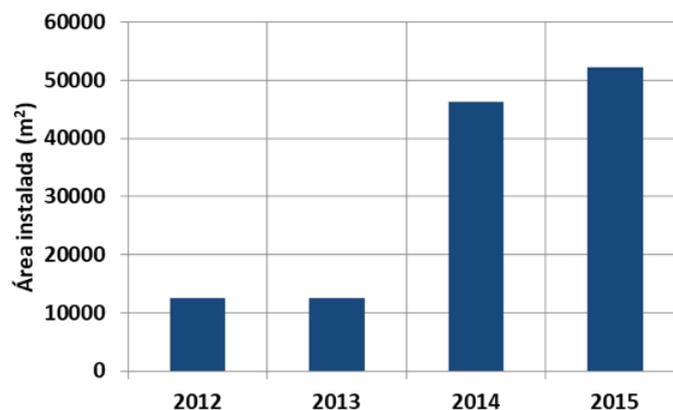
Está integrada por ONGs, Organismos Públicos vinculados con la temática, Universidades Públicas y Privadas, Organizaciones Gremiales Profesionales, Institutos Técnicos, así como Asociaciones Empresariales y Consultores.

Motivo también de las diferentes políticas fue la creación de la Cámara Solar del Uruguay<sup>100</sup>. La Cámara solar reúne a las empresas del rubro energía solar que operan en el país, importadores, fabricantes, y proyectistas de instalaciones. A la fecha cuenta con 25 empresas formalmente afiliadas que representan más del 80% de las empresas que funcionan en el Uruguay. Fue fundada el día del equinoccio de primavera del año 2010.

## 7.6 Resultados

Los resultados de los esfuerzos realizados por Uruguay para promover la energía solar térmica pueden verse en la figura 7.2, donde se muestra la evolución del área de colectores instalada en Uruguay desde el 2012 hasta el 2015.

**Figura 7. 2. Área de colectores instalada en el período 2012 a 2015 en Uruguay (IEA, 2017).**



<sup>99</sup> <http://mesasolar.org.uy/>

<sup>100</sup> <http://www.camarasolardeluruguay.com.uy/>

Las instalaciones de energía solar térmica han tenido un desarrollo importante en Uruguay en los últimos años, pasando de tener 6.880 m<sup>2</sup> (2 m<sup>2</sup>/1000 habitantes) a fin del año 2009 a 55.042 (16 m<sup>2</sup>/1.000 habitantes) a fin del 2015<sup>101</sup>. Todos los proveedores de equipamiento registrados son importadores de equipamiento solar a excepción de una sola empresa que es fabricante.

Bajo el régimen de certificación exigido en Uruguay, al 2018 existen:

- 22 modelos de colectores pertenecientes a 8 empresas
- 24 modelos de equipos prefabricados pertenecientes a 10 empresas
- 10 modelos de tanques pertenecientes a 2 empresas.

Se están desarrollando todos los aspectos necesarios para desarrollar un mercado confiable, normas, reglamentos, políticas de promoción para fabricantes locales y difusión. La IC todavía se encuentra en desarrollo principalmente debido a los costos que esto conlleva. No obstante han hecho importantes avances al habilitar dos bancos de ensayos que se encuentran en funcionamiento.

---

<sup>101</sup> <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/institucional/energia-solar-termica>

## 8.0 Ahorro de recursos energéticos y costos asociados

La tabla 8.1 muestra el ahorro anual de energía generado por los CSA instalados al 2015. El ahorro fue calculado suponiendo que cada kWh generado anualmente por un CSA desplaza una cantidad equivalente de energía conforme a la distribución de artefactos convencionales de calentamiento de agua.

<b>TOTALES</b>	<b>MWh ELEC.</b>	<b>MILLONES m<sup>3</sup> GAS</b>	<b>MILLONES KG GLP</b>
Barbados	5117,43	1,12	3,76
Brasil	7633046,16	61,68	0,00
Colombia	44800,00	1,15	0,00
Chile	46394,28	12,84	0,00
México	0,00	33,23	135,26
Uruguay	33848,88	0,00	0,14

El ahorro económico que resulta de la tabla 8.1, posee diferentes connotaciones según se consideren los recursos a nivel país o a nivel usuario. La tabla 8.2 muestra los valores que el usuario residencial abona en cada país, por cada unidad de recurso energético.

<b>TOTALES</b>	<b>ELEC. (U\$ / kWh)</b>	<b>FUENTE</b>	<b>GAS NATURAL (U\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>FUENTE</b>	<b>GLP (U\$/KG)</b>	<b>FUENTE</b>
Barbados	0,112	(BLPC, 2018)	0,85	(NATION NEWS, 2018)	1,90	(Ministry of Energy Barba- dos, 2018)
Brasil	0,127	(NEXO, 2018)	1,50	(COMGAS, 2018)	0,55	(Jornal do Brasil, 2018)
Colombia	0,173	(CODENSA, 2018)	0,59	(GAS NATURAL FENOSA, 2018)	0,58	(El Colombia- no, 2018)
Chile	0,150	(ENEL, 2018)	1,17	(METROGAS, 2018)	1,80	(Gas en Linea, 2018)

Los precios fueron transformados a U\$/unidad de medida al tipo de cambio de mayo de 2018. No se consideraron precios base ni impuestos. Solo fue considerado el valor correspondiente al consumo variable de cada energético. Dado que los cuadros tarifarios de cada país son diferentes entre sí, y a los fines de comparar los seis países, en todos los casos se tomó un valor promedio de uso residencial. Los precios pueden variar según si el usuario es un gran consumidor de energía o bien es eficiente en su uso.

TOTALES	ELEC. (U\$ /kWh)	FUENTE	GAS NATURAL (U\$/m <sup>3</sup> )	FUENTE	GLP (U\$/KG)	FUENTE
México	0,143	(CFE, 2018)	0,39	(Gas Natural Fenosa, 2018)	0,94	(El Econo- mista)
Uruguay	0,200	(UTE, 2018)	1,11	(Montevideo Gas, 2018)	1,50	(Teledoce, 2018)

La tabla 8.3 muestra el costo de cada recurso energético por kWh de energía.

PAÍS	U\$/kWh ELÉCTRICO	U\$/kWh GAS NATURAL	U\$/kWh GLP
Barbados	0,11	0,10	0,22
Brasil	0,13	0,18	0,06
Colombia	0,15	0,14	0,21
Chile	0,17	0,07	0,07
México	0,15	0,05	0,11
Uruguay	0,2	0,13	0,18

De acuerdo con la información analizada en cada país, conociendo el consumo de energía para agua caliente en base a los habitantes por hogar, los costos y la energía generada por un CSA, es posible estimar los tiempos de amortización de los CSA en cada uno de los países. La tablas 8.4 y muestran los años requeridos para amortizar un CSA suponiendo un costo de equipos de U\$ 1.500 y las siguientes suposiciones de funcionamiento:

- (TIE) Calentadores eléctricos instantáneos: 3 kWh/día
- (TAE) Termotanques eléctricos con acumulación: 7 kWh/día
- (GN) Calefón/ Termotanque a Gas Natural: 1 m<sup>3</sup>/día
- (GLP) Calefón/ Termotanque a GLP: 0,3 kg/día
- Duración del equipo solar: 10 años

<b>Tabla 8. 4. Años de amortización de un CSA considerando un costo inicial de U\$ 1.500 y una vida útil de 15 años.</b>				
<b>TOTALES</b>	<b>TIE</b>	<b>TAE</b>	<b>GN</b>	<b>GLP</b>
Barbados	12,23	5,24	4,83	2,16
Brasil	10,79	4,62	2,74	7,47
Colombia	7,92	3,40	6,97	7,09
Chile	9,13	3,91	3,51	2,28
México	9,38	4,02	10,54	4,38
Uruguay	6,85	2,94	3,70	2,74

En es posible observar que en casi todos los casos, el período de amortización del CSA está por debajo de su vida útil estimada en 15 años.

## 9.0 Ahorro emisiones de CO2

### 9.1 Metodología de cálculo de emisiones de CO2 ahorradas por el uso de CSA

Las emisiones de CO2 fueron calculadas suponiendo que cada kWh generado anualmente por un CSA desplaza una cantidad de emisiones equivalente a esa energía conforme a la distribución de artefactos convencionales de calentamiento de agua. Con el factor de emisión de cada fuente, es posible conocer cuánto CO2 emite cada kWh de energía consumida para calentar agua. En el caso de un país como Uruguay en donde el 95% de los artefactos para agua caliente son eléctricos y el 5% es a gas, cada kWh utilizado para ACS, genera emisiones de CO2 en una proporción de 95% debido al uso de electricidad y un 5% debido a la composición de la población de equipos de calentamiento de agua. Este método se resume en la ecuación (1), donde  $\text{kgCO}_2 (\text{kWh})_p$  es el factor de emisión de kg de CO2 por cada kWh consumido para la obtención de agua caliente del país p y es dependiente de la distribución de los equipos de calentamiento de agua en ese país;  $\%EACS_n$  es la fracción de artefactos de ACS en cuestión pudiendo n ser eléctrico, gas natural o GLP<sup>102</sup> y  $\text{FECO}_2_n$  es el factor de emisión en  $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$  de cada fuente. La tabla 9.1 muestra los factores emisión utilizados para el cálculo.

$$\text{kgCO}_2 (\text{kWh})_p = \sum [\%EACS_n \cdot \text{FECO}_2 (\text{kgCO}_2/\text{kWh})_n ]$$

<b>Tabla 9. 1. Factores de emisión de kgCO2 por kWh uso de electricidad (1 a 6), uso de gas natural y uso de GLP.</b>			
<b>PAÍS (P)</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>FUENTE</b>
Barbados	0,790	kgCO2/kWh elec.	(Orbit, 2018)
Brasil	0,160	kgCO2/kWh elec.	(Mitsidi, 2018)
Colombia	0,374	kgCO2/kWh elec.	(Siame, 2018)
Chile	0,770	kgCO2/kWh elec.	(Ministerio de Energía Chile, 2018)
México	0,500	kgCO2/kWh elec.	(GEI Mexico, 2018)
Uruguay	0,028	kgCO2/kWh elec.	(MIEM, 2018)
Gas Natural	2,150	kgCO2/m <sup>3</sup>	(IPCC, 2018)
GLP	2,960	kgCO2/kg	(IPCC, 2018)

<sup>102</sup> Existen otras fuentes de calor para ACS tales como la leña y el carbón que se usan en mucho menor medida que el resto de las fuentes de energía mencionadas. A los fines prácticos, su participación es escasas y no fue considerada en los cálculos.

Por otro lado, en el informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2017), se encuentra el valor de emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas en forma directa estimadas a partir del reemplazo de fuel Oil equivalente. De esta manera, brinda las emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas solamente en función de los kWh de Fuel Oil reemplazados, pero no tiene en cuenta la distribución de la matriz de equipos convencionales de ACS. Más adelante se muestra la tabla comparativa de ambos resultados.

## 9.2 Emisiones ahorradas por kWh generado por CSA por país.

Del informe de (IEA, 2017) se conoce la cantidad anual de kWh generado por cada m<sup>2</sup> de CSA. De la misma fuente se conoce el área total de colectores de un CSA en m<sup>2</sup>. De esta manera, resulta posible estimar la cantidad de kWh anuales generado por la cantidad total de m<sup>2</sup> instalados en cada país<sup>103</sup>, como se muestra en la tabla 9.2.

<b>Tabla 9. 2. Energía anual generada por el total de área de colectores de CSA en cada país de estudio.</b>			
<b>TOTALES</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup> AÑO</b>	<b>ÁREA TOTAL DE CSA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>MWh ANUAL</b>
Barbados	882	202860	178923
Brasil	809	12414687	10043482
Colombia	800	100000	80000
Chile	771	259148	199803
México	718	2825850	2028960
Uruguay	682	52244	35630

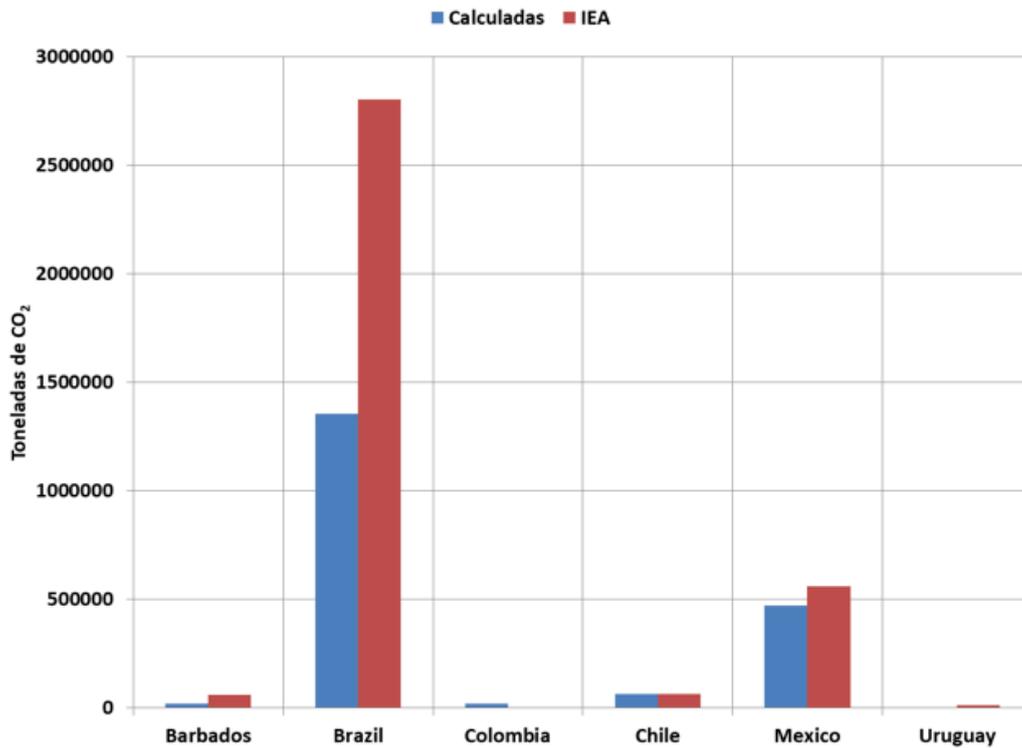
De esta manera, conociendo la cantidad de energía generada por la totalidad del área instalada en cada país y suponiendo que cada unidad de energía de CSA desplaza las emisiones calculadas con la ecuación (1), es posible estimar el total de emisiones ahorradas anualmente por el área instalada en cada país. La tabla 9.3 muestra las emisiones calculadas según la metodología descrita y las emisiones ahorradas que informa la IEA.

<sup>103</sup> En la fuente mencionada, se utilizan los datos de irradiación media anual para el cálculo y se supone el uso de un sistema auxiliar con una eficiencia de 0,8. El área típica de los CSA es informada por cada país. Para el caso de Colombia, que no brinda esa información, se asumió en 2 m<sup>2</sup> por cada CSA que es equivalente al sistema típico de Brasil.

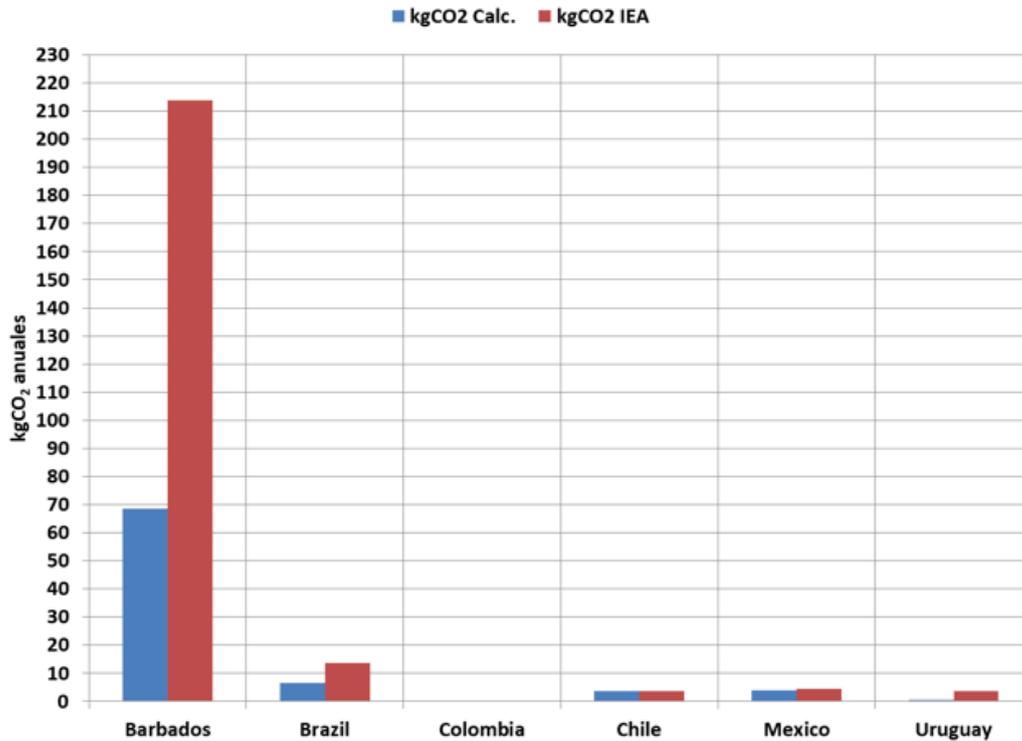
Tabla 9. 3. Emisiones ahorradas calculadas según la metodología descrita y según informa la IEA.			
TOTALES	TonCO <sub>2</sub> CALCULADAS	TonCO <sub>2</sub> IEA	DIFERENCIA
Barbados	19888	62111	42222
Brasil	1353898	2803499	1449600
Colombia	19219	SD	19219
Chile	63327	63878	550
México	470568	559127	88558
Uruguay	1360	12354	10993

Por otro lado, en la figura 9.1 se muestra el ahorro total de emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo al método de cálculo y al método IEA y en la figura 9.2 se muestran el ahorro de kgCO<sub>2</sub> anuales per cápita.

**Figura 9. 1. Ahorro en Toneladas anuales de CO<sub>2</sub> debido al uso de la capacidad instalada de CSA.**



**Figura 9. 2. Ahorro en kg anuales de CO<sub>2</sub> per cápita debido al uso de la capacidad instalada de CSA.**



Del análisis de la tabla 9.3 y las figura 9.1 y 9.2, se desprende que el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la incorporación está directamente relacionado con la composición del parque de equipos de calentamiento de agua y de la composición de la matriz energética. En el caso de Uruguay, la generación de energía es dependiente de los niveles de precipitaciones dado que existe un gran componente hidráulico. Por este motivo, el factor de emisión puede variar cada año, hasta 10 veces por encima y habiendo llegado en 2016 a uno de sus mínimos. Lo mismo ocurre en Colombia y en Brasil. El caso de Chile, no posee esa variabilidad dado que la mayoría de los equipos son a gas natural y su suministro no está sujeto a grandes variaciones.

De esta manera, mientras más dependiente de los combustibles fósiles sea la matriz energética de un país determinado, más ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> se esperan por el uso de los CSA.

Por otro lado, resulta interesante también evaluar el ahorro de emisiones per cápita. En este rubro, Barbados marca la tendencia. El uso de ambos datos, totales y per cápita, permite establecer objetivos claros de ahorro. Con el ahorro per cápita es posible estimar cual es el esfuerzo de ahorro que cada habitante debe hacer a los fines de alcanzar el ahorro de CO<sub>2</sub> como objetivo de país.

## 10.0 Discusión y Conclusiones

Se analizaron los siguientes aspectos en los seis países de América Latina estudiados:

- Hábitos, tecnologías y contexto energético del uso de agua caliente sanitaria.
- Programas de incentivos existentes para la energía solar térmica.
- Normativa técnica, esquemas de certificación e infraestructura de calidad existente.
- Existencia de fabricación local.
- Políticas de difusión.
- Área de colectores solares instalados y resultado de los diferentes programas piloto y programas de promoción.
- Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas anualmente por el uso de los CSA instalados.
- Estimación de ahorro económico, energético y tiempos de amortización de un CSA en función del tipo de combustible.
- Resultados de la aplicación de los incentivos y esquemas de certificación de la calidad.

En la introducción se mostró la fracción de población que tiene acceso a algún sistema de calentamiento de agua y cuáles son las tecnologías actuales que utilizan para ello. Como primera conclusión es posible mencionar que ninguno de los países estudiados presenta una cobertura del 100% en lo que refiere a la tenencia de un sistema de calentamiento de agua. La mejor fracción de cobertura la presenta Uruguay con más del 90%, seguido de Chile con el 86%, Brasil con el 75,3%, Colombia con 70%, Barbados con 48% y México con 47,8%. En todos los casos, este porcentaje está relacionado con la temperatura media anual (La presencia de calentadores de agua es menor en países con temperatura medias anuales por encima de los 20 °C) y la cantidad de población que dispone de infraestructura sanitaria básica (agua y cloacas). Cada uno de estos factores posee diferente peso en función del país que se esté analizando. **Mientras más proporción de hogares tengan acceso a agua caliente sanitaria, mayor es el potencial de uso de los CSA.**

El uso final de la energía del sector residencial se sitúa entre el 10 y el 20% con una media bastante pareja en todos los países alrededor del 15%. Dada la distribución del grado de cobertura de agua caliente sanitaria que existe en los diferentes países, no es posible atribuir la misma fracción de uso de energía para calentar agua en todos los países. **En algunos casos constituye el 20% del uso residencial de energía de una vivienda y en otros casos constituye el 47%, dependiendo del recurso (gas, electricidad o GLP), el clima y el ingreso mensual.**

Dependiendo del país, esa energía proviene principalmente de la electricidad, seguida de gas natural y del GLP. En la mayoría de los países, el uso de la energía eléctrica resulta más económico que el uso del gas o del GLP, sin embargo y a excepción de Brasil y Uruguay, existe mayoría de equipos a gas natural o GLP. También es cierto que el gas natural no siempre está disponible ni tampoco el GLP y el usuario puede volcarse a la electricidad por cuestiones de conveniencia. De cualquier manera, **la opción más económica de calentar agua no es la predominante.** A los fines de promocionar los CSA, resulta útil resaltar el mensaje de la “conveniencia” de los CSA y no solo centrarse en lo económico o lo ambiental. *Por ejemplo, la independencia energética es un factor de conveniencia de los CSA.*

El ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a los CSA debe ser ponderado en función de la matriz energética y en base a estos resultados definir el potencial de ahorro esperado luego de la implementación de un programa de promoción de los CSA. ***Mientras más dependiente de combustibles fósiles sea la matriz energética, más ahorro generará el uso de CSA.***

**La cantidad de población del país y la proporción que utiliza agua caliente definen el alcance o el máximo potencial de uso de los CSA.** Barbados tiene un alto grado de penetración, pero un bajo grado de cobertura en lo que refiere a agua caliente sanitaria y una población que es comparable con la de una pequeña localidad de Brasil o México. En localidades con baja población, los mismos habitantes realizan el control de calidad de los equipos, divulgando boca en boca los beneficios de la solar térmica o alternativamente las malas prácticas (Como en el caso de Jamaica, cuyo mercado solar térmico fracasó por este motivo). Adicionalmente, la toma de decisiones gubernamentales es más rápida debido a que todos los pobladores tienen acceso a las autoridades y las decisiones requieren el consenso de pocas personas. La misma estrategia utilizada en Barbados no puede ser utilizada en Brasil, Chile, México, Uruguay o Colombia debido no solo a la mayor cantidad de población sino a la extensión del país en sí. La toma de decisiones y consecuentemente las políticas de incentivos y de certificación requieren de consensos entre diferentes provincias y climas que a veces son difíciles de conciliar con la mejor de las voluntades.

Por el mismo motivo explicado, el control de calidad ejercido sobre los CSA también requiere de estrategias diferentes. Sumado a lo ya explicado, **el control de calidad debe contemplar dos factores adicionales: la existencia de fabricantes nacionales o regionales y el acceso a laboratorios de ensayo.**

La existencia de fabricantes nacionales no necesariamente garantiza un mercado solar térmico. No obstante, en los casos donde más ha triunfado como Brasil, México y Barbados, un gran motor del mercado fue la existencia de fabricantes nacionales. **La fabricación nacional ha demostrado ser una gran traccionador del mercado**, no solo por la creación de empleo genuino sino porque disponer de fabricación local permite flexibilidad a la hora de implementar proyectos. En muchos casos, los proyectos piloto definen modificaciones en los equipos y las mismas son fácilmente implementables si la tecnología se fabrica in situ. Casos como el de Barbados fueron exitosos porque se crearon empresas locales, con formación de RRHH nacionales. **Utilizar CSA de buena calidad fabricados en el país genera una apreciación especial por parte de los usuarios, un sentido de pertenencia de la tecnología que excede a la tecnología misma.**

Si al momento de establecer una política de promoción de CSA ya existe una cantidad de fabricantes, es necesario pensar en un mecanismo de incentivo de la fabricación (rebajas impositivas o créditos blandos, por ejemplo), y la duración de este en el tiempo. Estos incentivos deben estar relacionados con la tecnología necesaria en ese país. También es necesario definir un porcentaje de fabricación nacional mínimo de manera de evitar el ensamblaje falso de productos. Por otro lado, si el mercado es mayormente importado, conviene regular el mismo exigiendo certificación de productos y dejar de lado el incentivo a la producción.

El clima del país define la tecnología de CSA más conveniente. Un clima con mucho sol y temperaturas mayormente cálidas no requiere de un CSA de mucha eficiencia. Por otro lado,

un clima frío con poco sol, si requiere que el CSA sea muy eficiente para convertir el sol en calor. La excepción son la calidad y los sistemas de seguridad que deben ser los mismos para ambos climas. Un equipo muy eficiente en un clima de mucho sol, generará muchas situaciones de sobrecalentamiento y vapor que dañan la vida útil del equipo y probablemente lo induzca a fallas o a accidentes del usuario. En forma opuesta, un equipo de baja eficiencia en una zona fría puede llevar a que el agua no llegue a la temperatura deseada o bien que directamente no funcione. En ambos casos se genera una mala percepción de la tecnología. **De esta manera, el clima de cada país definirá cual es la tecnología más adecuada a desarrollar, ya sea por fabricación o importación.**

A excepción de Barbados y Colombia, los países estudiados poseen laboratorios de ensayos. Entre ellos, solo Brasil y Chile poseen laboratorios acreditados. En el caso de Chile, el laboratorio funciona esencialmente para aquellos que importan productos sin certificación Solar Keymark o análoga que participan en programas de incentivos. En el caso de Brasil, los laboratorios aseguran la calidad de todos los equipos del mercado, pero son dominantes los equipos fabricados en Brasil. El hecho de tener laboratorios de ensayo permite controlar la calidad del producto de fabricación nacional y el del importado. **La existencia de laboratorios de ensayo siempre es positiva, no necesariamente por su intervención directa en las actividades de la evaluación de conformidad sino también por la formación de RRHH específicos.** Incentivar el consumo CSA sin controlar la calidad con una adecuada infraestructura y procesos de evaluación de la conformidad puede destruir el mercado y generar muchas instalaciones fallidas que dañan irreversiblemente la percepción de la tecnología. No obstante, la IC debe ser acorde al mercado. En ciertos casos, las exigencias de calidad de producto pueden estar dadas por los usuarios en forma directa (Barbados). En otros casos, es tan grande el mercado que es necesario ejercer un control sobre la calidad de los equipos (Brasil, México). La mejor opción debe ser definida para cada país en función de su mercado. **Más normativa no necesariamente implica mejor calidad de equipos. Menos normativa y un buen control resultan más efectivo.**

El correcto desarrollo del mercado implica también prestar atención al desarrollo de perfiles profesionales específicos, tanto de proyectistas como de instaladores. **Un buen equipo mal instalado funcionará mal, generando una percepción negativa de la tecnología.** Es necesario estimar la cantidad de profesionales que el mercado requiere para su correcto desarrollo antes de definir un régimen de promoción. **Es igualmente importante generar material técnico de referencia genuino adaptado a la cultura local y a las características técnicas específicas del país.**

**Resulta útil buscar mecanismos de financiación acoplados al ahorro o subsidios parciales que permitan disminuir el costo inicial del equipo y lograr precios iniciales cercanos a las tecnologías convencionales.**

Respecto de las asociaciones que nuclean a los actores del mercado solar térmico existen varias posturas. En Brasil predominan los fabricantes y tienden a defender la tecnología fabricada en forma local. En México, existen asociaciones de fabricantes por un lado y de importadores por otra, evidenciando la falta de coordinación al respecto. En Barbados, la asociación fue creada una vez saturado el mercado, sin mucha influencia en el desarrollo del mismo. En Chile, Uruguay y Colombia nuclea mayormente a importadores. No queda claro el rol de las mismas en cada caso a excepción de Brasil y Chile que son representantes del extremo de

fabricación local e importación respectivamente. No obstante, las asociaciones deberían ser las bases del consenso técnico sobre el cual desarrollar las necesidades del mercado de CSA y las encargadas de difundir las novedades al respecto.

Acoplar la promoción de CSA a un plan de viviendas garantiza un mercado a los fabricantes locales (provisto que sean de buena calidad). **Conviene que las viviendas sean nuevas, dado que es más fácil instalar CSA sobre las mismas** (muchas viviendas existentes poseen una sola bajada de agua y realizar una segunda bajada para el solar resulta caro o bien de complicada ejecución desde lo técnico.)

Dado el gran desconocimiento que existe acerca de los CSA en Latinoamérica, **es necesario desarrollar la confianza del usuario a través de la garantía de funcionamiento del equipo, ya sea por un seguro (Uruguay) o por una garantía de temperatura (Barbados) o bien de funcionamiento.**

A nivel mundial, el 60% de los equipos son equipos compactos de 200 a 300 litros con circulación natural. **Cualquier medida de implementación de CSA debe comenzar por agua caliente sanitaria y luego, una vez maduro el mercado, comenzar con climatización y otros procesos.**

**El desarrollo de proyectos pilotos permite bajar el desconocimiento acerca de los CSA en todos los niveles y además permite generar herramientas de difusión y puesta a punto de las capacidades de fabricación local, infraestructura de calidad, técnicos y formaciones específicas.**

El análisis de ciclo de vida de los componentes de los CSA que se fabrican en los países de estudio no fue analizado debido a que no se dispone suficiente información para su realización.

## Bibliografía

(s.f.).

AETS. (2014). Estudio de mercado de la industria solar térmica en Chile 2013. Obtenido de PNUD: <http://fch.cl/wp-content/uploads/2015/06/2.1-Est.-Mercado-SST-Informe-FINAL.docx>

Bello, C. (2016). Analisis del mercado de energía solar en el sector residencial. Obtenido de Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería industrial: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139154/Analisis-del-mercado-de-energia-solar-en-el-sector-residencial.pdf?sequence=2>

BLPC. (2018). Barbado Light and Power Corporation. Obtenido de <https://www.blpc.com.bb/cus-req/cus-dtar.html>.

BME. (2017). Barbados National Energy Policy (2017-2037). Obtenido de <http://www.energy.gov.bb/web/barbados-national-energy-policy-2017-2037>

BREA. (2017). Barbados solar model "The Barbados Experience". Obtenido de Barbados Renewable Energy Association: <http://brea.bb/wp-content/uploads/2017/01/William-Hinds-BARBADOS-SOLAR-MODEL-BREA-9-SEPT.pdf>

Brecht, D. G. (2016). Estado do arte sobre aquecimento do agua no Brasil. Recuperado el 01 de Abril de 2018, de Universidad federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/AquecimentoDeAgua.pdf>

Bugler, W. (2012). Inside stories on climate compatible development. Obtenido de CDKN: [https://cdkn.org/project/inside-stories-on-climate-compatible-development/?loclang=en\\_gb](https://cdkn.org/project/inside-stories-on-climate-compatible-development/?loclang=en_gb)

Caicedo y Reyques. (2015). Impactos de la reglamentación de la Ley N° 1.715 de energías renovables en Colombia. Obtenido de <http://www.fce.unal.edu.co/publicaciones/images/econografos/documentos-econografos-economia-84.pdf>

Campos, M. F. (2016). Estado de la Infraestructura de la Calidad para Energías Renovables y Eficiencia Energética en México. Obtenido de [https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung\\_9/9.3\\_internationale\\_zusammenarbeit/projektprofile/PTB\\_Info\\_Studie\\_Energie\\_Mexiko\\_01.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_9/9.3_internationale_zusammenarbeit/projektprofile/PTB_Info_Studie_Energie_Mexiko_01.pdf)

CFE. (2018). Comisión Federal de Electricidad. Obtenido de [https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=20](https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=20).

CODENSA. (2018). CODENSA. Obtenido de <https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>.

COMGAS. (2018). COMGAS. Obtenido de <https://www.comgas.com.br/tarifas/> .

El Colombiano. (2018). El Colombiano. Obtenido de <http://www.elcolombiano.com/negocios/economia/suben-precios-del-cilindro-de-gas-en-colombia-en-un-15-YI2309414> .

El Economista. (s.f.). El Economista. Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Precio-del-gas-LP-continua-en-aumento-20180104-0102.html>.

ENEL. (2018). ENEL. Obtenido de <https://www.eneldistribucion.cl/tarifas>.

Energy, S. a. (2015). World Map of Solar thermal Industry. Obtenido de [http://www.sunwindenergy.com/system/files/swe\\_0615\\_022-035\\_solar\\_thermal\\_world\\_map\\_of\\_the\\_solar\\_thermal\\_industry.pdf](http://www.sunwindenergy.com/system/files/swe_0615_022-035_solar_thermal_world_map_of_the_solar_thermal_industry.pdf)

Flores, C. A. (2014). Evaluación técnica y económica de sistemas de calentamiento solar de agua para servicios comerciales en la ciudad de México. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Uso Eficiente de Energía.: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7137/tesis.pdf?sequence=1>

Gas en Linea. (2018). Gas en Linea. Obtenido de [http://www.gasenlinea.gob.cl/index.php/web/buscador?rere\\_id=0](http://www.gasenlinea.gob.cl/index.php/web/buscador?rere_id=0) .

Gas Natural Fenosa. (2018). Gas Natural Fenosa. Obtenido de <http://www.gasnaturalfenosa.com.mx/mx/hogar/distribucion+de+gas+natural/1285345992408/tarifas.html>.

GAS NATURAL FENOSA. (2018). GAS NATURAL FENOSA. Obtenido de <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/hogar/distribucion+gas+natural/1297102455889/tarifas+de+distribucion.html>.

GEI Mexico. (2018). GEI Mexico. Obtenido de <http://www.geimexico.org/factor.html>.

GIZ. (2016). Lecciones aprendidas de la infraestructura de calidad en calentadores solares de agua a nivel internacional. Recuperado el 2018, de [https://energypedia.info/images/f/f1/Infraestructural\\_CSA\\_internacional\\_2016.pdf](https://energypedia.info/images/f/f1/Infraestructural_CSA_internacional_2016.pdf)

GIZ-IER. (2017). La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México. Obtenido de <http://www.promexico.mx/documentos/biblioteca/industria-solar.pdf>

GIZ-INFONAVIT. (2015). Lecciones aprendidas y mejores prácticas del proyecto 25.000 Techos Solares para México. Obtenido de [https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2015/2015\\_06\\_04\\_Informe\\_Lecciones\\_Aprendidas.pdf](https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2015/2015_06_04_Informe_Lecciones_Aprendidas.pdf)

Hohmeyer, O. (2015). 100% renewable Barbados and lower energy bills: A plan to change Barbados supply to 100% renewables. Recuperado el Abril de 2018, de [www.znes-flensburg.de](http://www.znes-flensburg.de)

IBGE. (2018). Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística. Recuperado el 2018, de [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101566\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101566_informativo.pdf)

IEA. (2017). Solar heat Worldwide. Recuperado el 1 de Abril de 2018, de International Energy Agency: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2017.pdf>

Ihl, R. O. (2016). Caracterización del consumo energético residencial de la región metropolitana y análisis de escenarios de eficiencia energética. Obtenido de Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-romero\\_nr/pdfAmont/cf-romero\\_nr.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-romero_nr/pdfAmont/cf-romero_nr.pdf)

INEU. (2014). Uruguay en cifras. Obtenido de [http://www.ine.gub.uy/documents/10181/39317/Uruguay\\_en\\_cifras\\_2014.pdf/aac28208-4670-4e96-b8c1-b2abb93b5b13](http://www.ine.gub.uy/documents/10181/39317/Uruguay_en_cifras_2014.pdf/aac28208-4670-4e96-b8c1-b2abb93b5b13)

INFONAVIT-GIZ. (2015). Lecciones aprendidas y mejores prácticas del proyecto 25,000 techos solares para México. Obtenido de INFONAVIT: [https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2015/2015\\_06\\_04\\_Informe\\_Lecciones\\_Aprendidas.pdf](https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2015/2015_06_04_Informe_Lecciones_Aprendidas.pdf)

IPCC. (2018). IPCC. Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf).

IPCC. (2018). IPCC. Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf).

IPCC. (s.f.). IPCC. Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf).

Jornal do Brasil. (2018). Jornal do Brasil. Obtenido de <http://www.jb.com.br/economia/noticias/2018/04/04/correcao-petrobras-reduz-preco-do-glp-residencial-para-r-2213-na-refinaria/>

Mesquita, M. (2016). ABRASOL. Recuperado el 2018, de Asociacion Brasileira de Energía Solar: <http://www.exposolarbrasil.com.br/cobes.html>

METROGAS. (2018). METROGAS. Obtenido de <http://www.metrogas.cl/industria/tarifas.php?tipo=GEN> .

MIEM. (2018). Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay. Obtenido de <http://www.ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/Informe%20general.pdf>.

Ministerio de Energía Chile. (2018). Ministerio de Energía Chile. Obtenido de <http://huellade-carbono.minenergia.cl/emision-para-el-sing>.

Ministry of Energy Barbados. (2018). Ministry of Energy Barbados. Obtenido de <http://www.energy.gov.bb/web/component/content/article/59-bulletin/271-barbados-economic-report-energy-chapter-2017>.

Mitsidi. (2018). Mitsidi. Obtenido de <http://mitsidi.com/co2-emissions-from-electricity-generation-in-brazil-exceeded-in-august-2014-the-official-forecast-for-the-year-2030/>.

Montevideo Gas. (2018). Montevideo Gas. Obtenido de [http://www.montevideogas.com.uy/uc\\_43\\_1.html](http://www.montevideogas.com.uy/uc_43_1.html).

Murcia, H. R. (2009). Desarrollo de la Energía Solar en Colombia y sus perspectivas. Obtenido de <http://www.upme.gov.co:81/sjic/?q=content/desarrollo-de-la-energ%C3%ADa-solar-en-colombia-y-sus-perspectivas-0>

NATION NEWS. (2018). NATION NEWS. Obtenido de <http://www.nationnews.com/nation-news/news/98540/price-natural-gas-increases>.

NEXO. (2018). NEXO. Obtenido de <https://www.nexojournal.com.br/grafico/2017/10/06/A-trajetoria-das-tarifas-de-energia-nos-ultimos-14-anos>.

Orbit. (2018). Orbit. Obtenido de [http://orbit.dtu.dk/files/128107251/2015\\_10\\_Caribbean\\_Grid\\_Emission\\_04.pdf](http://orbit.dtu.dk/files/128107251/2015_10_Caribbean_Grid_Emission_04.pdf).

REN 21. (2017). REN 21. Recuperado el 2017, de <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

Rojas, J. F. (2015). Energías alternativas en Colombia bajo la Ley N° 1.715. Obtenido de Universidad Militar de Neuav Granada, Facultad de Ciencias Economicas: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7462/1/ENERG%C3%8DAS%20ALTERNATIVAS%20EN%20COLOMBIA%20BAJO%20LA%20LEY%201715.pdf>

Scarone, M. (2015). Construcción y Operación de Banco de Ensayos de Solar Térmica en Uruguay. Obtenido de [https://www.ptb.de/tc/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&file=file-admin/redakteure/dokumente/Q53\\_LAC/Regional\\_Projects/Energy\\_Efficiency\\_and\\_Renewable\\_Energy\\_Sources/10-2015-06-29-\\_COSTA\\_RICA-M\\_Scarone\\_-\\_R\\_Alonso\\_-\\_URU.pdf&t=1557774204&hash=88521c397276f315](https://www.ptb.de/tc/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=file-admin/redakteure/dokumente/Q53_LAC/Regional_Projects/Energy_Efficiency_and_Renewable_Energy_Sources/10-2015-06-29-_COSTA_RICA-M_Scarone_-_R_Alonso_-_URU.pdf&t=1557774204&hash=88521c397276f315)

SEMARNAT. (2017). Portafolio de Negocios para impulsar el crecimiento verde bajo en carbono, relacionados con eficiencia energética; desarrollo de energías renovables y bioenergéticos de segunda generación y desarrollo de sistemas y transportes sustentables. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/294406/Informe\\_Bimcon\\_1t\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/294406/Informe_Bimcon_1t_2017.pdf)

Siame. (2018). Siame. Obtenido de [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Calculo\\_FE\\_SIN\\_2013\\_Nov2014.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Calculo_FE_SIN_2013_Nov2014.pdf).

Teledoce. (2018). Teledoce. Obtenido de <https://www.teledoce.com/telemundo/nacionales/a-partir-del-primero-de-febrero-aumenta-el-precio-de-la-recarga-de-la-garrafa-de-13-kilos-de-supergas/>.

UPME. (2006). Caracterización energética de los sectores residencial comercial e industrial. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética, Grupo de Demanda Energética, Subdirección de Planeación Energética.: [http://www.upme.gov.co/upme12/2007/upme13/caracterizacion\\_energetica\\_sector.es.pdf](http://www.upme.gov.co/upme12/2007/upme13/caracterizacion_energetica_sector.es.pdf)

UPME. (2015). Estadísticas e integración de las FNCE en Colombia. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)

UPME. (2016). Plan de acción indicativo de eficiencia energética (2017-2022). Obtenido de Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética: [http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI\\_PROURE\\_2017-2022.pdf](http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf)

UTE. (2018). UTE. Obtenido de <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/documents/files/pliego%20tarifario%20UTE%20enero%202018.pdf>.