

Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras



sen.hn

2023

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

CONTENIDO

Introducción

Capítulo 1	Contexto Energético Nacional.....	7
	1.1 Matriz energética.....	8
	1.2 Consumo de energía eléctrica por sector.....	9
	1.3 Políticas de subsidios energéticos y su impacto.....	10
Capítulo 2	Tecnologías de Energía Solar Térmica.....	11
	2.1 Disponibilidad del recurso solar.....	12
	2.2 Energía solar térmica versus energía solar fotovoltaica.....	14
	2.3 Aplicaciones de la Energía Solar Térmica.....	15
	2.3.1 Colector solar plano y colector de tubos de vacío o evacuados.....	18
2.3.2 Colectores solares por concentración.....	19	
Capítulo 3	Industria de la Energía Solar Térmica.....	21
	3.1 Panorama Global de la Energía Solar Térmica.....	22
	3.2 Estado de la Energía solar térmica en Honduras.....	23
	3.2.1 Marco legal y regulaciones actuales para tecnología solar térmica.....	25
Capítulo 4	Potencial del Mercado de Colectores Solares.....	27
	4.1 Metodología para los cálculos.....	28
	4.2 Importe de equipos para calentar agua.....	30
	4.3 Análisis del potencial de Energía Solar Térmica.....	31
	4.3.1 Sector Industrial.....	31
	4.3.2 Sector hotelero.....	41
	4.3.3 Sector hospitalario.....	46
4.3.4 Sector residencial.....	49	
4.4 Resumen del potencial de Energía Solar Térmica y Kg CO2 reducidos.....	53	
Capítulo 5	Conclusiones y recomendaciones.....	55

Bibliografía

Tablas

Tabla 1	Energía por sector de consumo, 2023.
Tabla 2	Perfil promedio por hora de la Irradiación Directa Normal (DNI), Tegucigalpa.
Tabla 3	Área total de colectores solares en operación de América Latina.
Tabla 4	Demanda orientativa para agua caliente.
Tabla 5	Equipos y montos CIF de equipos importados para calentamiento de agua o generación de vapor 2017-2023.
Tabla 6	Cantidad de empresas exportadoras por sector.
Tabla 7	Venta de combustibles a consumidores finales en barriles, 2023.
Tabla 8	Rangos de temperatura por procesos.
Tabla 9	Valor agregado bruto a precios básicos de la Industria Manufacturera de Honduras, 2023, BCH.
Tabla 10	Empresas registradas en Agencia de Regulación Sanitaria (ARSA), 2023.
Tabla 11	Establecimientos de alojamiento por municipio, 2023.
Tabla 12	Establecimientos de alojamiento según número de habitaciones.
Tabla 13	Porcentaje de equipos utilizados para calentar agua en hoteles.
Tabla 14	Número de camas en hospitales públicos.
Tabla 15	Consumo de electricidad en función de los equipos residencial.
Tabla 16	Distribución de viviendas según departamento, INE, 2023.
Tabla 17	Número de viviendas por año, INE.
Tabla 18	Clientes por sector de consumo, IASEN 2023.
Tabla 19	Resumen del potencial de Energía Solar Térmica.

Gráficas

Gráfica 1	Distribución de potencia instalada MW, 2023.
Gráfica 2	Matriz de Generación GWh, 2023.
Gráfica 3	Rendimiento energético anual de colectores solares versus otras tecnologías renovables.
Gráfica 4	Potencia solar térmica global en operación y producción anual 2000-2022.
Gráfica 5	Valor agregado bruto a precios básicos de la Industria Manufacturera de Honduras, 2023.
Gráfica 6	Establecimientos de alojamiento según número de habitaciones.
Gráfica 7	Porcentaje de equipos para calentar agua sector hotelero.
Gráfica 8	Tecnología utilizada para calentar agua en las residencias.
Gráfica 9	Proyección del número de viviendas al 2050.

Figuras

Figura 1	Mapa de Irradiación Solar Horizontal Global (GHI).
Figura 2	Potencial Teórico, GHI.
Figura 3	Mapa de Irradiación Solar Horizontal (GHI), Honduras.
Figura 4	Segmentos del mercado de colectores solares aplicados en la industria.
Figura 5	Integración de colectores solares para precalentamiento de calderas.
Figura 6	Sistema solar para suministro de calor en proceso industrial.
Figura 7	Colector solar de placa plana.
Figura 8	Circuito típico de sistema solar a circulación forzada.
Figura 9	Sistema solar tipo termosifón.
Figura 10	Colectores de tubo de vacío.
Figura 11	Colectores solares por concentración.
Figura 12	Esquema de integración de colectores solares en la industria.
Figura 13	Proceso de teñido del algodón y sus temperaturas.
Figura 14	Ubicación CREL y producción de leche diaria.

INTRODUCCIÓN

Este documento analiza el potencial de energía solar térmica de baja temperatura orientado a diferentes sectores que consumen agua caliente en Honduras, ya sea residencial, comercial o de servicios e industrial. El estudio se centra en los colectores de placa plana y de tubos de vacío o heat pipe, con el objetivo de evaluar su mercado y facilitar la integración de esta tecnología en las estrategias nacionales de energías renovables con el propósito de generar calor, un campo que, a pesar de su gran potencial, sigue siendo poco aprovechado en el país.

La demanda energética en Honduras ya sea debido al combustible de origen fósil que se importa en su totalidad en el país, o, el uso de la energía eléctrica se encuentra en franco crecimiento en relación con el aumento de la población y expansión económica de los diversos sectores. Estos sectores buscan diferentes soluciones para reducir sus gastos operativos a fin de ser más competitivos.

Una de estas soluciones que garantiza estos resultados, es la implementación de la eficiencia energética en el área térmica, donde los colectores solares para calentamiento de agua desempeñan un papel clave y comprobado, al sustituir la tecnología para calentar agua que tradicionalmente se realiza por medio de calentadores eléctricos o de gas para uso directo, o, calentándola previamente antes de entrar a una caldera que utiliza bunker o fuel oil, por ejemplo. Por otro lado, la oportunidad es evidente para el despliegue de esta tecnología, pues se observa un creciente interés y conciencia ambiental entre la población hondureña lo que respalda el uso de la energía renovable para producción de calor en aplicaciones industriales o de uso sanitario.

En el área ambiental, aunque Honduras emite muy pocas emisiones globales, correspondiendo a un valor menor de 0.05%, o, 21.1 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (MtCO₂e), el país tiene compromisos internacionales firmes para su reducción. El sector energético que representa la principal fuente con el 41% de emisiones del total, ofrece una oportunidad significativa para reducir el consumo de electricidad y combustibles fósiles empleados en la producción de calor al sustituirlos parcialmente con el uso de fuentes renovables, como la radiación solar y la geotermia. Sin embargo, en Honduras, el conocimiento y uso de estas tecnologías renovables para aplicación de calor es muy limitado como se evidenció en las encuestas realizadas por la SEN a los diferentes sectores. El aprovechamiento del potencial solar disponible para aplicación térmica puede abrir una nueva oportunidad para el crecimiento sostenible e innovador de los diferentes sectores de consumo y a la vez puede contribuir al cumplimiento de las metas nacionales en materia de energía y ambiente.

Para el estudio se parte de diferentes metodologías para la estimación de la energía y el área de captación requerida para los cual se ha utilizado fuentes confiables y de referencia a nivel global, así como de estadísticas que se manejan a nivel de asociaciones o gremios, encuestas que se realizaron a través de correos electrónicos o mediante llamadas telefónicas. Se obtuvo información valiosa del Banco Central de Honduras (BCH), el Instituto Hondureño de Estadísticas (INE), la Secretaría de Desarrollo Económico (SDE), Secretaría de Finanzas y la misma Secretaría de Energía que contribuyeron significativamente a este análisis.

Tomando en consideración que no se cuenta con datos específicos del consumo de energía para generación de calor y franjas de temperatura utilizados en los diferentes procesos industriales, se procedió a realizar encuestas, pero debido a la baja tasa de respuestas, se optó por plantear un análisis de carácter descriptivo y cuantitativo global que evidencia una oportunidad significativa para la implementación de colectores solares térmicos dado el elevado consumo energético destinado a la producción de calor.

En el caso de hoteles, hospitales y residencias se parte del consumo de agua caliente establecido por normativas internacionales, una metodología que ha sido utilizada en los estudios similares de otros países, debido a la falta de datos propios o regionales. Sin embargo, es recomendable considerar a futuro la realización de estudios pertinentes teniendo en cuenta que las condiciones climatológicas de nuestra región difieren de otras latitudes, incluyendo las costumbres locales que pueden incidir para la demanda de agua caliente sanitaria en este tipo de sectores.

En el primer capítulo se presenta un resumen basado en estadística del sector eléctrico que la Secretaría de Energía publica anualmente, conociendo que, la electricidad es una de las fuentes que predominan para el calentamiento de agua en el sector residencial y comercial, además se expone de forma general, las políticas de subsidios y la caracterización del consumo eléctrico por sector.

En el segundo capítulo se expone un resumen de las distintas tecnologías empleadas para el calentamiento de agua mediante el recurso solar, acompañado de un análisis de la irradiación incidente en el territorio. En el capítulo 3, se presenta un resumen del contexto mundial y el estado actual de la tecnología en Honduras. En tanto que capítulo 4 se dedica a profundizar en el objetivo principal de este estudio que consiste en analizar el potencial estimado de colectores solares para calentamiento de agua que, bajo un escenario conservador, pueden instalarse en el país clasificados por sectores de consumo.

Finalmente, en el capítulo 5, se presentan una serie de conclusiones y recomendaciones que podrían tomarse como base para el despliegue de la tecnología en el país.

Se resalta que los colectores solares térmicos de placa plana y de tubos de vacío, objeto de este estudio, han alcanzado un alto grado de madurez, con proyectos operativos instalados en otros países desde hace más de 30 años, siendo la tecnología de placa plana la pionera. Estas experiencias internacionales ofrecen una base sólida y confiable que, con el apoyo de políticas consistentes y decididas en Honduras, pueden orientar su adopción a nivel nacional, garantizando así un despliegue exitoso y el máximo aprovechamiento de sus beneficios.



Capítulo 1

Contexto Energético Nacional



Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras

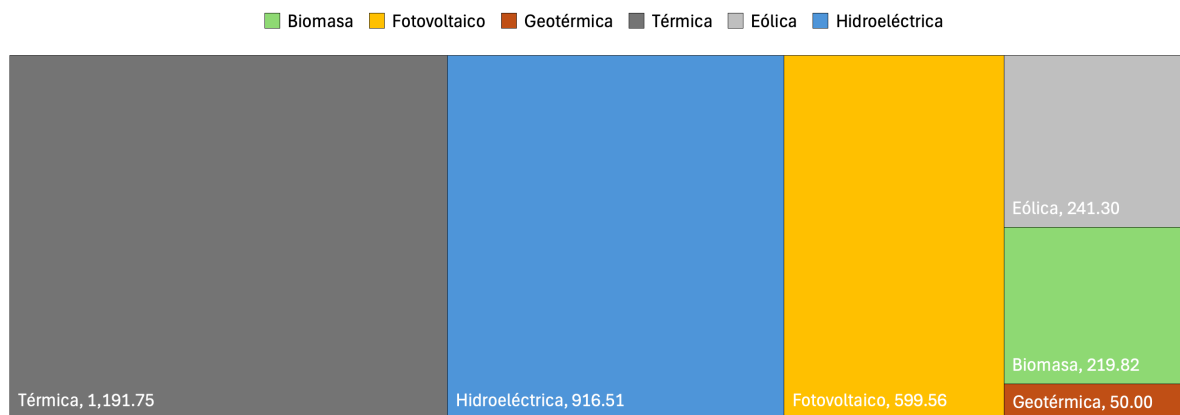
2023

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA



1.1 Matriz energética

En el Balance Energético Nacional del 2023 publicado por la SEN, indica que la capacidad instalada en Honduras ascendió a 3,219MW, comprendiendo el 63% a tecnologías renovables, hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa y geotermia y el restante, 37% correspondió a tecnologías que utilizan fuentes no renovables, como el fuel oil o bunker, diésel, GLP y coque de petróleo. Ver gráfica 1.

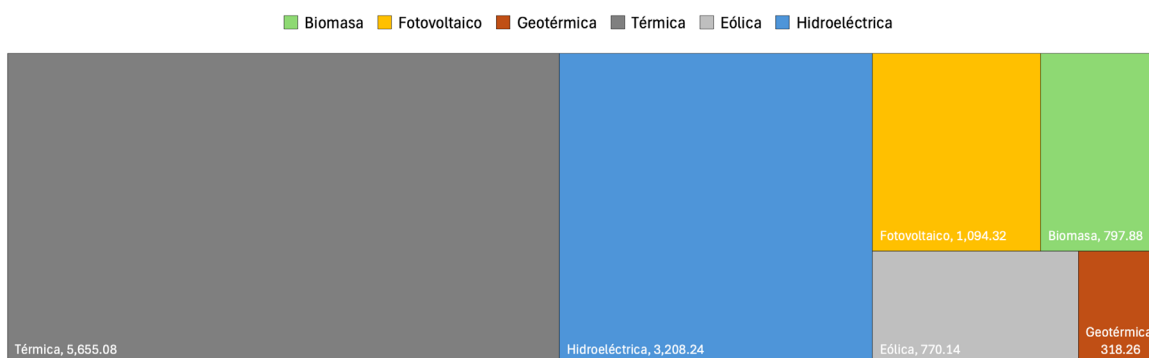


Gráfica 1: Distribución de potencia instalada MW, 2023

En este año, se generaron aproximadamente 11,844 GWh de energía eléctrica, con una distribución que se refleja en la siguiente matriz; fuel oil y coque de petróleo (39%) y la hidroenergía (27%), la eólica y solar, representaron un 16% del total, mientras que el bagazo, combustibles vegetales y geotermia contribuyeron con un 9%. Los combustibles no renovables (coque de petróleo, GLP y diésel) aportaron el 8%, y el 1% restante provino de importaciones del Mercado Eléctrico Regional (MER)¹.

El índice de renovabilidad en la generación eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) se situó en un 52%, lo que representa una reducción del 8% en comparación con el año anterior. Esta disminución es resultado de la menor producción de energía de las plantas hidroeléctricas, afectadas por la baja disponibilidad de recursos hídricos como consecuencia del fenómeno de El Niño. Ante este escenario, resulta fundamental la búsqueda de soluciones alternativas para mejorar la eficiencia energética, destacándose el uso de tecnologías como los colectores solares planos o heat pipe que ofrecen una opción viable y comprobada para contribuir al ahorro energético.

¹ Balance Energético Nacional (BEN), 2023.



Gráfica 2: Matriz de Generación GWh, 2023

1.2 Consumo de energía eléctrica por sector

La electricidad es una de las fuentes principales utilizadas para calentar agua en el sector residencial y comercial. A continuación, se muestra el consumo de energía eléctrica en MWh para los diferentes sectores con los datos tomados del Informe Estadístico Anual del Subsector Eléctrico Nacional (IASEN 2023), donde se destaca que el sector residencial es el mayor consumidor de electricidad, ver tabla 1:

ENERGÍA POR SECTOR DE CONSUMO (MWH), 2023		
Tipo de Tarifa	Total	Porcentaje %
Residencial	2,837.54	45.04
Servicio comunitario	4.86	0.08
Comercial	1,705.02	27.06
Industrial	1,386.18	22.00
Gobierno	202.41	3.21
Autónomo	132.17	2.1
Municipal	31.77	0.51
Total	6,299.95	100

Tabla 1: Energía por sector de consumo, 2023

Este sector consumió el 2,837.54 GWh lo que representa un 45.04%, el sector comercial consumió 1,705.02 GWh correspondiente a un 27.06% del total y el sector industrial consumió 1,386.18 GWh equivalentes a un 22.00%.

1.3 Políticas de subsidios energéticos y su impacto

En el país no se cuenta con producción ni refinamiento de combustibles fósiles por lo que todo su consumo se importa, exponiendo a los consumidores a la alta volatilidad de los precios debido a conflictos bélicos, fluctuaciones del mercado y cambios en la política internacional, lo cual impacta negativamente tanto a la macroeconomía del país, además de afectar directamente a todos los consumidores que utilizan estas fuentes para calentar agua o producir vapor en la industria hondureña, ya sea a través del Bunker o fuel oil, Gas Licuado de Petróleo, (GLP) o Gas Natural. El GLP también se utiliza para el calentamiento de agua en el sector comercial y residencial, pero en menor proporción según muestran las encuestas realizadas.

El GLP es subsidiado por el Gobierno de Honduras dado que es un energético ampliamente usado para cocción de alimentos con lo cual se apoya directamente en la economía de los hogares, este subsidio represento una carga fiscal de L. 822.2 millones en el 2022.

En la actualidad, según Decreto ejecutivo PCM 57-2023, también se ha establecido subsidios a los diferentes sectores de consumo eléctrico, clientes residenciales cuyo consumo es menor a 150kWh en donde no se cobra cargo por este concepto. Estos montos son cubiertos con 60% de fondos del Gobierno de la República y el 40% restante, es cubierto de forma subsidiaria por los clientes no residenciales focalizados con de alto consumo energético (mayores o iguales a 3000 kWh), exceptuando la micro, pequeña y mediana empresa.

Por otra parte, se otorgan subsidios que permiten cubrir los impactos de las modificaciones tarifarias que se realizan de manera trimestral. En el año 2023, los subsidios al consumo eléctrico de los diferentes sectores representaron una carga fiscal total de L. 5,654,600,254.45.

Capítulo 2

Tecnologías de Energía Solar Térmica



Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras

2023

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1 Disponibilidad del recurso solar

Honduras se encuentra localizado en un lugar privilegiado en cuanto a la incidencia de la radiación solar como se puede observar en las figuras 1,2 y 3, que muestran los mapas de Irradiación Global Horizontal (GHI) a nivel mundial y del país respectivamente en base a los datos tomados del Atlas Global Solar.

Al ubicarse en la zona intertropical, que comprende la franja del planeta situada entre el Trópico de Cáncer (aproximadamente 23.5° N) y el Trópico de Capricornio (aproximadamente 23.5° S), esta región recibe la mayor radiación solar de forma constante a lo largo del año en comparación con otros países del globo.

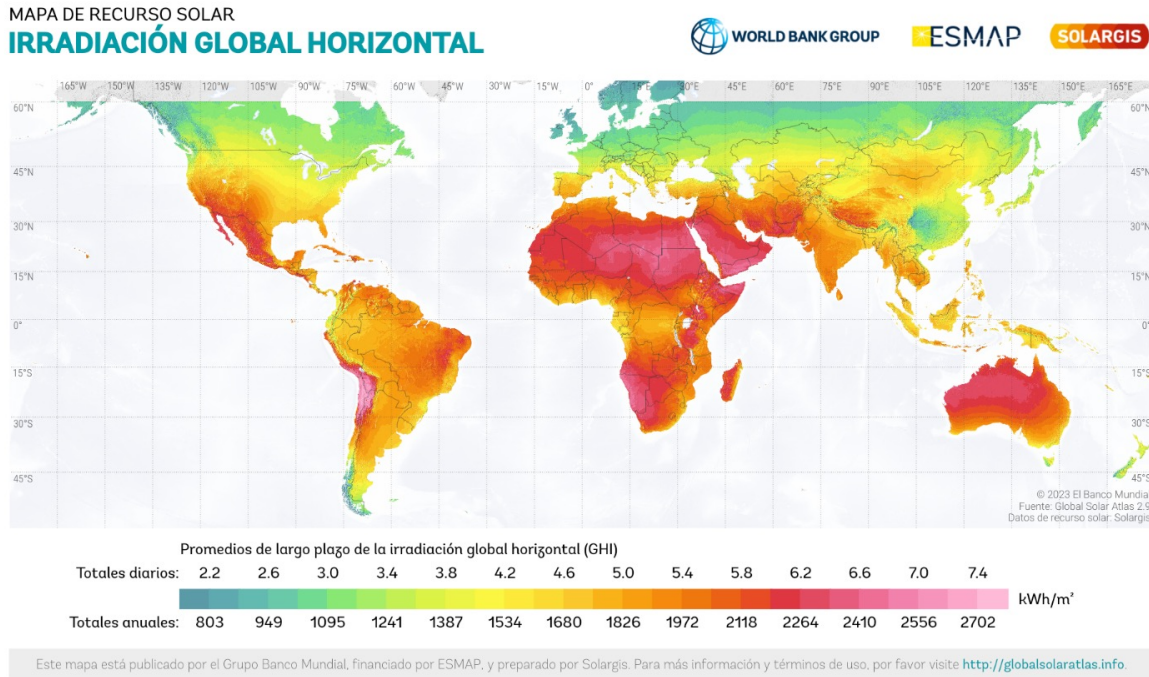


Figura 1: Mapa de Irradiación Solar Horizontal Global (GHI)

En el resumen estadístico mostrado en la Figura 2 indica que, la irradiación solar global (GHI) en Honduras corresponde a una media de 5.27 kWh/m², con un rango que comprende desde 4.68 kWh/m² como mínimo y 6.13 kWh/m² como máximo.

El aprovechamiento de la alta incidencia de la irradiación solar en Honduras es conocido debido a la concentración de los parques solares fotovoltaicos que se instalaron en región sur a nivel de gran escala, así como los instalados en los techos de empresas industriales y comerciales. Resulta que, este mismo recurso solar, abundante a lo largo y ancho del país, presenta una oportunidad igualmente favorable para la instalación de colectores solares para diferentes sectores que requieren de una fuente de energía sostenible y rentable para calentar agua.

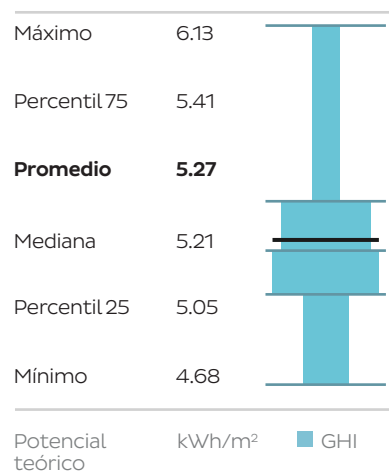


Figura 2: Potencial Teórico, GHI

IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL HONDURAS

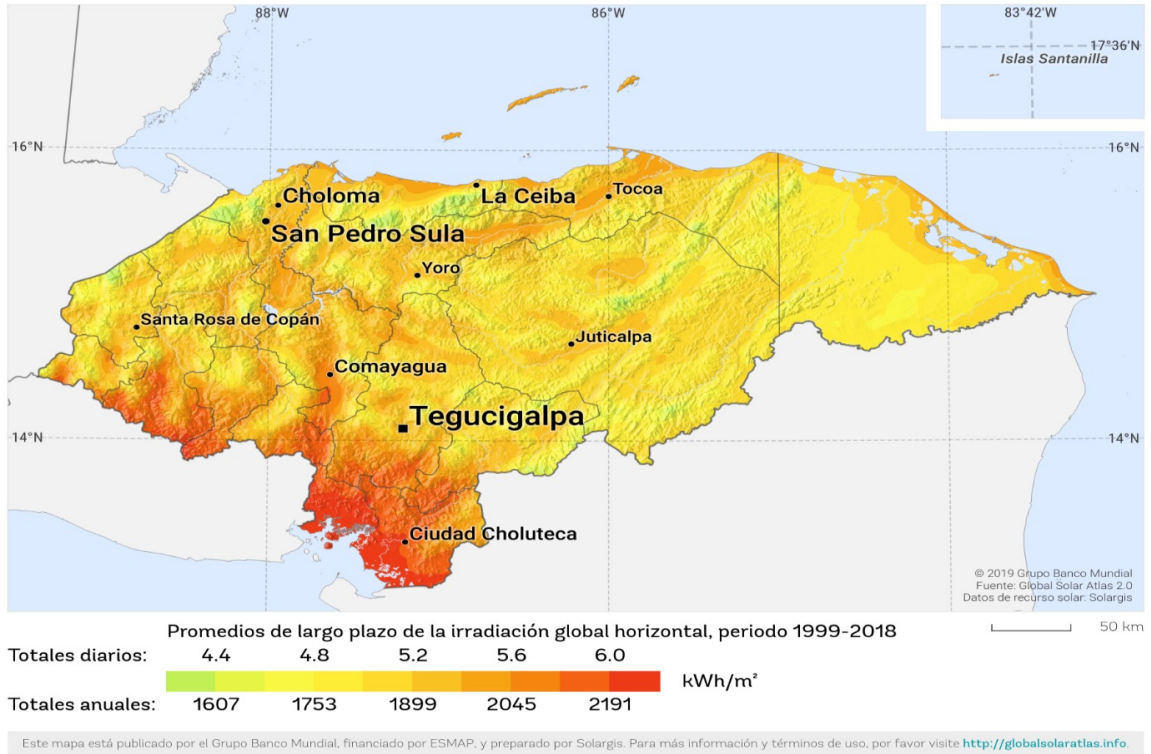


Figura 3: Mapa de Irradiación Solar Horizontal (GHI), Honduras

Este mapa de recurso solar proporciona un resumen de la energía solar estimada disponible para la generación eléctrica y otras aplicaciones energéticas. Representa el promedio de total diario/ Anual de la irradiación global horizontal calculado para un periodo reciente de 20 años (1999-2018) Así, para 14°05'48", -087°13'31" en Tegucigalpa, Honduras, el Atlas Solar Global, muestra los siguientes datos para los diferentes componentes de irradiación solar:

Irradiación Normal Directa	DNI	4.590 kWh/m ² por día
Irradiación Horizontal Global	GHI	5.431 kWh/m ² por día
Irradiación Horizontal Difusa	DIF	2.256 kWh/m ² por día

Para las estimaciones de la energía entregada por un colector solar para el calentamiento de agua, se utiliza la Irradiación Horizontal Global (GHI) debido a que proporciona la radiación solar total disponible en una superficie horizontal, es decir, tanto la radiación directa como la difusa.

Además de China, Alemania se ha consolidado como uno de los líderes en la instalación de sistemas solares. Un claro ejemplo es la ciudad de Freiburg, conocida como la capital solar de Alemania, que registra una Irradiación Solar Horizontal Global (GHI) de 3.231 kWh/m² por día, inferior a la de nuestro país. A pesar de ello, gracias a políticas, ha implementado tecnologías solares como módulos fotovoltaicos y sistemas solares térmicos entre otras medidas de gestión energética, convirtiéndose en una referencia en el aprovechamiento de energía solar.

A continuación, se muestra en la tabla 2, el perfil promedio por hora de la componente de la Irradiación Directa Normal (DNI) para Tegucigalpa, siendo la más baja de 3,675 horas para el mes de julio que evidencia igualmente la alta incidencia de irradiación solar en el país durante todo el año.

Irradiación normal directa [Wh/m²]

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6				3	38	27	16	13	13			
6 - 7	110	134	215	245	213	205	187	218	233	242	231	134
7 - 8	390	450	478	407	325	291	277	339	365	348	391	398
8 - 9	473	535	554	495	407	337	327	402	451	416	449	466
9 - 10	532	582	625	570	469	377	350	438	509	469	515	531
10 - 11	552	605	661	621	496	395	368	447	493	476	528	556
11 - 12	552	612	660	604	491	390	376	437	457	451	505	549
12 - 13	542	595	634	552	461	452	413	419	423	409	466	508
13 - 14	516	562	586	495	387	387	376	400	418	381	437	466
14 - 15	504	533	541	424	319	324	358	387	377	361	405	449
15 - 16	451	489	479	349	258	265	301	334	321	306	357	407
16 - 17	294	411	398	277	201	209	237	265	249	129	79	174
17 - 18				53	39	78	90	52				
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	4,915	5,509	5,831	5,094	4,104	3,738	3,675	4,150	4,308	3,988	4,363	4,638

Tabla 2: Perfil promedio por hora de la Irradiación Directa Normal (DNI), Tegucigalpa.

El estudio de la heliofanía en Honduras indica el promedio diario anual de insolación por región es: Sur, 7.6 de horas sol, Occidental-Sur e Insular, 7.1 y 7.0 horas de sol diarias respectivamente, Central y Occidental-Norte, 6.7 horas de sol para ambas regiones y Norte, con 6.5 horas (Flores, 2000).

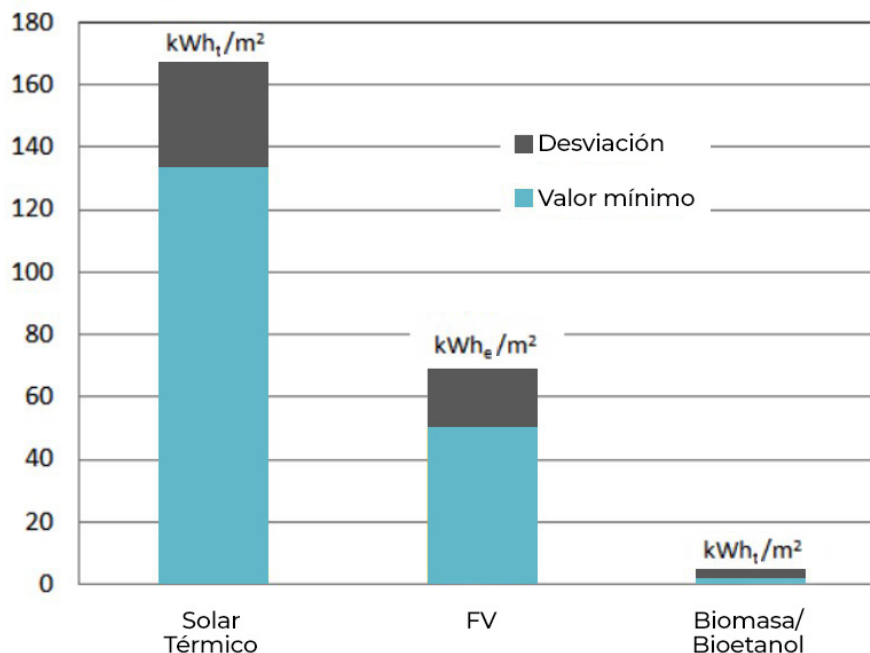
2.2 Energía solar térmica versus energía solar fotovoltaica

Tiene sentido pensar que, previo a decidir por una instalación solar, se realicen los análisis técnico-económicos que permitan tomar la opción óptima, siendo preferible seleccionar los colectores solares térmicos en lugar de módulos solares fotovoltaicos para satisfacer específicamente la demanda de agua caliente, puesto que la eficiencia de un colector solar por metro cuadrado es significativamente superior al rendimiento de los módulos fotovoltaicos por metro cuadrado. Esto es especialmente importante en sectores como hoteles, restaurantes, hospitales e industrias que tienen alto consumo de agua caliente. Además, es crucial considerar que los techos u otras áreas libres de las edificaciones suelen ser muy reducidas para el montaje del área de captación solar necesaria que puedan satisfacer una demanda energética ya sea parcial o total, por tanto, lo recomendable es optimizar su uso.

En todo caso, la idea de utilizar módulos solares fotovoltaicos para generar electricidad y destinarla al calentamiento de agua no es la opción más adecuada.

En los documentos de estudio del curso “Energía solar térmica”, ETRÉLA, 2021, se muestra un mayor rendimiento específico de la energía solar térmica en contraste con los módulos solares fotovoltaicos utilizados para generar electricidad para una irradiación de 1000 kWh/m² año, de 350 a 550 kWh/m² año para la solar térmica (calor) y de 90 a 110 kWh/m² año (Electricidad) para una irradiación solar de referencia de 1000 kWh/m² año y cierta eficiencia de los equipos.

Este hecho se confirma en la Gráfica 3, al mostrar que, el rendimiento energético anual por metro cuadrado es mucho mayor para los colectores solares que para otras tecnologías renovables. Frente a la energía fotovoltaica, los colectores solares producen en promedio tres veces más kilovatios-hora, en comparación con la biomasa o el bioetanol, la producción es en promedio hasta 43 veces mayor².



Gráfica 3: Rendimiento energético anual de colectores solares versus otras tecnologías renovables.

	SOLAR TÉRMICA	FOTOVOLTAICA	BIOMASA/BIOETANOL
Rango de rendimiento anual	133 a 167 550 kWh _t /m ²	50 a 69 kWh _e /m ²	2 a 5 kWh _t /m ²
Rendimiento medio anual	150 kWh _t /m ²	59.5 kWh _e /m ²	3.5 kWh _t /m ²
Incremento		3	43

Con este contexto, Honduras tiene una amplia oportunidad para hacer uso de fuentes propias, en particular la radiación solar, que, por su versatilidad puede ser utilizada para diferentes aplicaciones, como la generación de electricidad, la refrigeración, el calentamiento de agua, la cocción de alimentos y su incorporación en la arquitectura bioclimática.

2.3 Aplicaciones de la Energía Solar Térmica

En Honduras, así como en otros países, es habitual que el término "panel solar" se utilice de manera indistinta, tanto para referirse a dispositivos para calentamiento de agua como a la generación de energía eléctrica, por lo que es oportuno aclarar la definición de "colector solar" que es el que se utiliza para calentar agua u otro fluido según lo establece la norma BC-ISO 9488, Energía solar – Vocabulario:

² <https://solarthermalworld.org/news/solar-thermal-shows-highest-energy-yield-square-metre/>

Colector solar, dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y para transferir la energía térmica así producida a un fluido que pasa a través de él.
El término “panel” está obsoleto para evitar confusiones según esta misma norma.

En el campo de la energía solar térmica se puede aprovechar la radiación solar para transformarla directamente en calor y usarlo de esta forma, como el caso de los colectores solares planos o de tipo heat pipe, o bien, este calor puede destinarse a la generación de electricidad mediante sistemas de concentración solar.

El aprovechamiento de la energía solar térmica para calentar agua u otro fluido, como el aire, puede utilizarse en varias aplicaciones, como en el uso sanitario (duchas o baños, limpieza de ropa u utensilios en los hogares, gimnasios, hoteles y hospitales entre otros), calefacción de espacios, climatización de piscinas y suministro de calor en procesos industriales.

En el sector industrial, particularmente, los colectores solares suministran calor a diferentes temperaturas para procesos de producción. La figura 4 presenta una clasificación basada en el tipo de colector solar utilizado.



Figura 4. Segmentos del mercado de colectores solares aplicados en la industria, fuente: Solar Payback

En el mercado actual se encuentran diferentes configuraciones y tipos de colectores solares diseñados para la producción de calor o electricidad, de uso directo e indirecto. En la figura 5 se muestra de forma general la integración de colectores solares para precalentamiento de agua de una caldera.

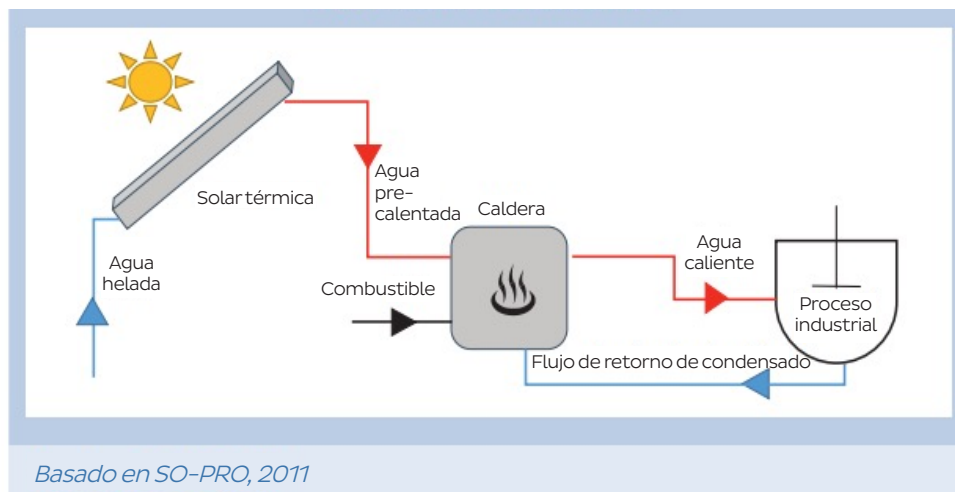
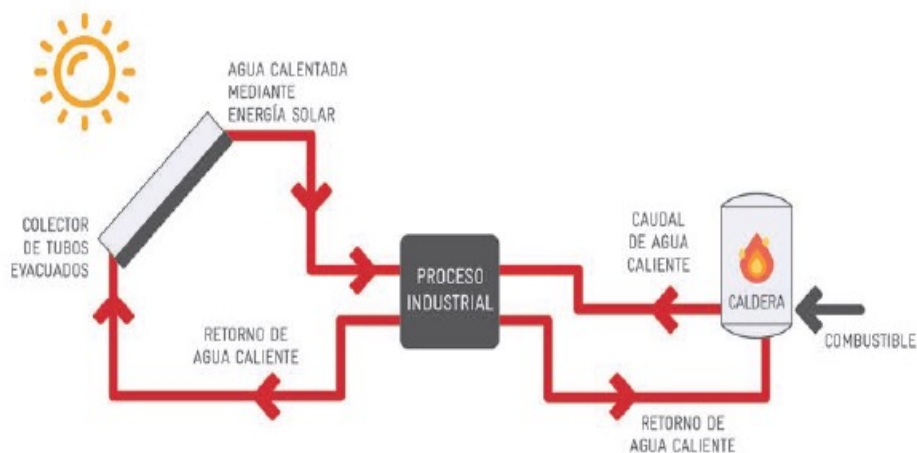


Figura 5. Integración de colectores solares para precalentamiento de calderas

De igual manera, los colectores solares pueden proporcionar calor en procesos industriales para una temperatura específica. Ambos circuitos, el de los colectores solares y el de la caldera, están diseñados como sistemas cerrados. El agua, después de transferir su calor en el proceso industrial, retorna ya enfriada al campo de colectores o a la caldera, dependiendo del origen del calor inicial. Esto permite una mayor eficiencia en la reutilización del recurso, minimizando pérdidas energéticas y maximizando el aprovechamiento del calor solar. Ver figura 6.



Fuente: (IRENA, 2015a) y (Solar Payback, 2017)

Figura 6. Sistema solar para suministro de calor en proceso industrial

A continuación se presentan algunas aplicaciones sin profundizar en detalle pues no es el enfoque del de este análisis.

2.3.1 Colector solar plano y colector de tubos de vacío o evacuados

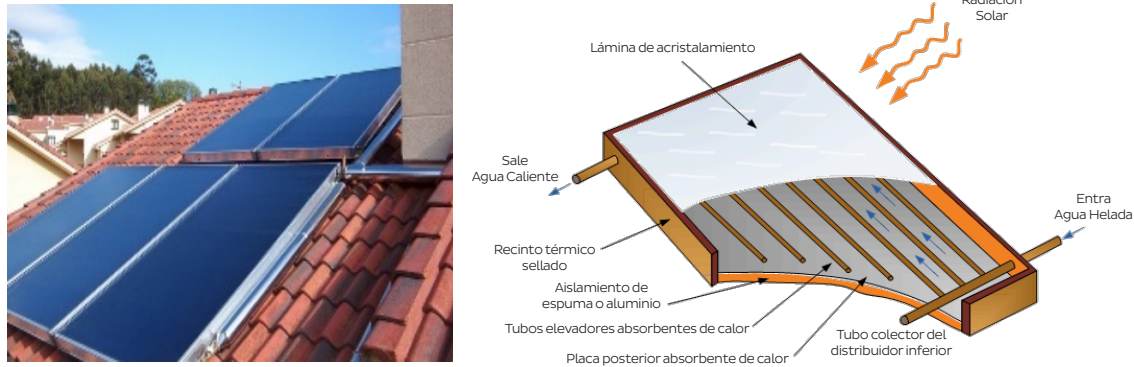


Figura 7: Colector solar de placa plana

<https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-hot-water/flat-plate-collector.html>

La radiación solar atraviesa el material de acristalamiento transparente e incide sobre la placa absorbente. Esta se calienta y transfiere el calor los tubos de cobre que conducen un fluido caloportador que se utiliza para transferir el calor al agua.

La figura 8 muestra un circuito típico de un sistema calentamiento de agua solar a circulación forzada, que utiliza una bomba para hacer circular el fluido caloportador, el cual transfiere la energía al agua a calentar almacenada en el tanque.

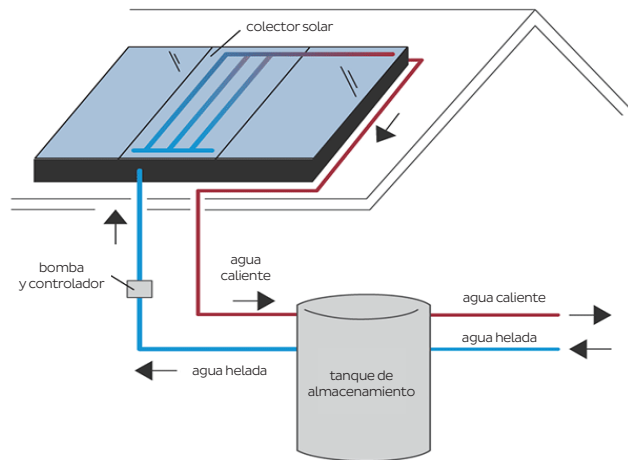


Figura 8. Circuito típico de sistema solar a circulación forzada

También existe los sistemas termosifón que no utilizan bombas, solo utiliza los cambios de densidad del fluido caloportador para lograr la circulación entre el colector y el dispositivo de almacenamiento o el colector y el intercambiador de calor. Normalmente se utilizan para pequeñas demandas de agua caliente. Ver figura 9.



Figura 9. Sistema solar tipo termosifón, fuente: www.energy.gov

Los sistemas con tubos de vacío o evacuados emplean una tubería transparente (generalmente vidrio) con un espacio de vacío entre la pared del tubo de cobre y la superficie absorbente. Ver figura 10.

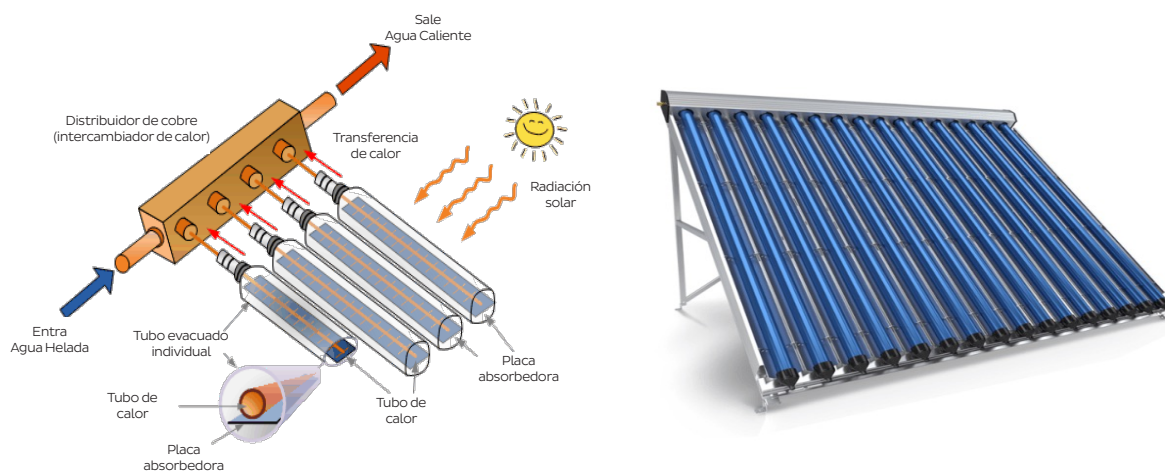


Figura 10. Colectores de tubo de vacío, fuente Alternative Energy

También se encuentran disponibles los colectores solares fabricados con polipropileno, un tipo de plástico resistente y duradero, estos colectores son ideales para aplicaciones en piscinas.

2.3.2 Colectores solares por concentración

Además de colectores solares tratados con anterioridad que son el objeto del presente estudio, es importante mencionar los colectores solares por concentración que ya tienen presencia en países como México y Chile, evidenciando avance significativo en los países europeos o asiáticos para generación de vapor y electricidad. Este tipo de sistemas pueden alcanzar hasta 400°C al calentar el fluido que pasa por su interior al concentrar la luz solar mediante dispositivos especialmente diseñados. Este mecanismo permite alcanzar altas temperaturas con lo que se genera el vapor para operar una turbina que a su vez impulsa a un generador. Ver figura 11.

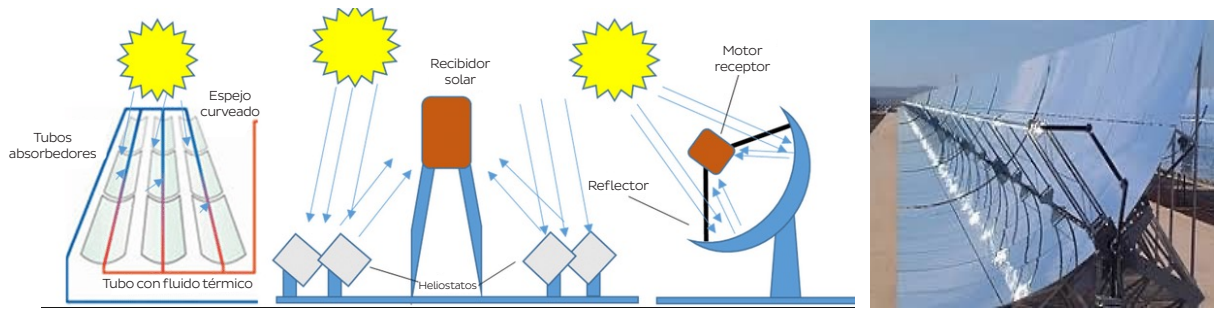


Figura 11: Colectores solares por concentración

<https://www.researchgate.net/publication/335084949/figure/fig2/AS:790164511154176@1565401308258/The-main-technologies-of-concentrated-solar-power-systems.ppm>

Dentro de esta clasificación se encuentran los colectores de cilindro parabólicos y los heliostatos, receptor central o central de torre y así como de disco parabólico.

De igual manera, ya se encuentra en el mercado el colector PVT que consiste en un dispositivo híbrido usado para convertir la radiación solar en energía térmica y eléctrica a la vez, pero aún no es comercializado en Honduras. Desde 2018, se ha registrado la instalación de colectores PVT principalmente en Europa, donde esta tecnología ha comenzado a implementarse de manera más frecuente.

Los colectores de aire se encuentran principalmente en la industria de los alimentos para aplicaciones de secado de alimentos como frutas, verduras, hierbas, especias, granos, cereales, optimizando procesos que tradicionalmente consumen grandes cantidades de energía.

Capítulo 3

Industria de la Energía Solar Térmica



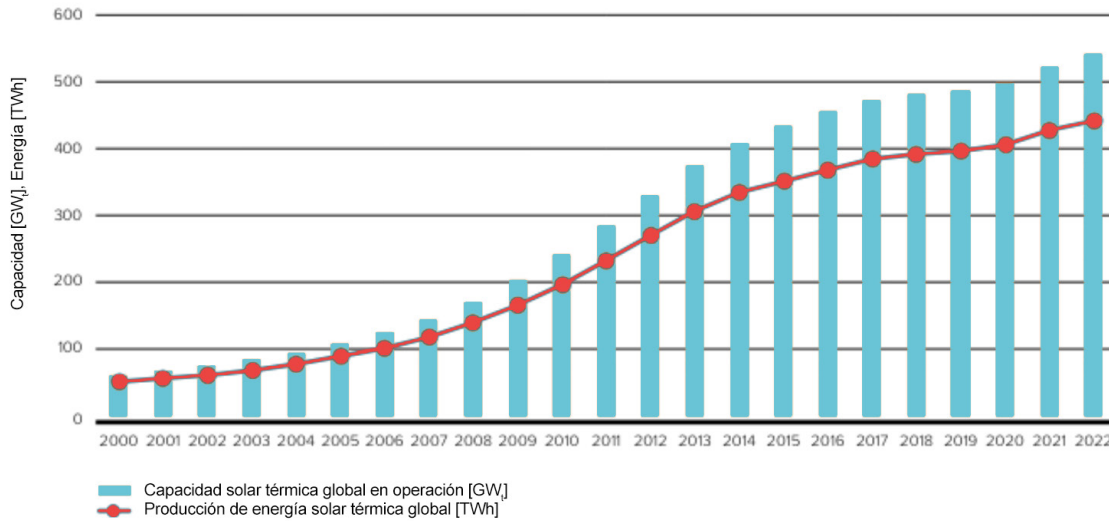
Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras

2023

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.1 Panorama Global de la Energía Solar Térmica

Según el reporte Solar Heat Worldwide 2023, la energía solar térmica producida por los colectores de agua vidriados y no vidriados creció en 62GW_t (89 millones de m²) en el 2000 a 542 GW_t (774 millones de m²) en el 2022. En el 2022 se instaló un total de 19 GW_t o 27.1 millones de metros cuadrados de superficie de colectores. Ver gráfica 4.



Gráfica 4. Potencia solar térmica global en operación y producción anual 2000-2022, Solar Heat Worldwide, 2023

A finales de 2023, la capacidad termosolar operativa total alcanzaba los 560 GW_t equivalente a 800 millones de metros cuadrados de superficie de colectores.

En el caso de Latinoamérica, los países registrados en IEA-SHC, 2022 según el área de colectores solares se muestran en la tabla 3.

Área total (M2) de colectores solares en operación en América Latina						
País	Colectores solares para agua			Colectores de aire		Total
	Colectores sin cubierta	Colectores planos	Colectores de tubos evacuados	Colectores sin cubierta	Colectores acristalado	
Argentina	101,031	136,988	266,427	60	474	504,979
Brasil	9,240,937	12,681,068	269,716			22,191,721
México	1,870,933	2,149,187	1,912,587	752	9,061	5,942,520
Chile	65,550	323,148	54,305		300	443,303
Panamá		665				665

Tabla 3. Área total de colectores solares en operación de América Latina

Perú, Colombia, Uruguay, Ecuador y Paraguay también han tenido cierta penetración de la tecnología solar térmica debido a las políticas implementadas, en tanto que Panamá recientemente desarrollo el proyecto, Temosolar Panamá marco en el que se ejecutaron proyectos piloto en el sector hospitalario entre otros. Cabe destacar que las autoridades de los 3 hospitales involucrados en el marco de Termosolar Panamá, han expresado su satisfacción por la reducción de los costos asociados al combustible utilizado en las calderas.

Según Global Market Insight (GMI), el mercado de colectores solares para agua caliente alcanzó un valor de 2,780 millones de dólares en 2023 y se espera que crezca a una tasa compuesta anual superior al 5.7% entre 2024 y 2032. Por su parte, Maximize Market Research (MMR) proyecta un crecimiento del 6.4% anual entre 2022 y 2029.

China ha mantenido su posición como el mayor productor de colectores solares de agua en el mundo desde finales de los años 90, tanto para consumo interno como para exportación con la capacidad de atender a mercados de Europa, Asia, América Latina y África.

Según IEA existen 250 millones de viviendas que utilizan la tecnología solar térmica para calentar agua y se espera que esta cantidad aumente a 400 millones de viviendas para el 2030¹.

3.2 Estado de la Energía solar térmica en Honduras

En Honduras tanto por iniciativas propia de los usuarios, como el desarrollo de proyectos para la promoción de la energía renovable implementados a través de organismos cooperantes que datan del año 2010 así como, de fechas más recientes, se han ejecutados muy pocos proyectos de energía solar térmica en edificaciones residenciales, universidades u hoteles. Para citar, en el 2021 se ejecutó el Proyecto Piloto de Climatización con Energía Solar Térmica para la Piscina Olímpica del Complejo Deportivo José Simón Azcona de Tegucigalpa ejecutado través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y en el marco del proyecto Termosolar Honduras (2020 y 2022) en el que se instalaron 40 colectores solares tipo termosifón de 200 Litros en ciertas salas de Hospitales de Honduras, en este último contexto, se abarco jornadas de capacitación en diseño e instalación de estos sistemas.

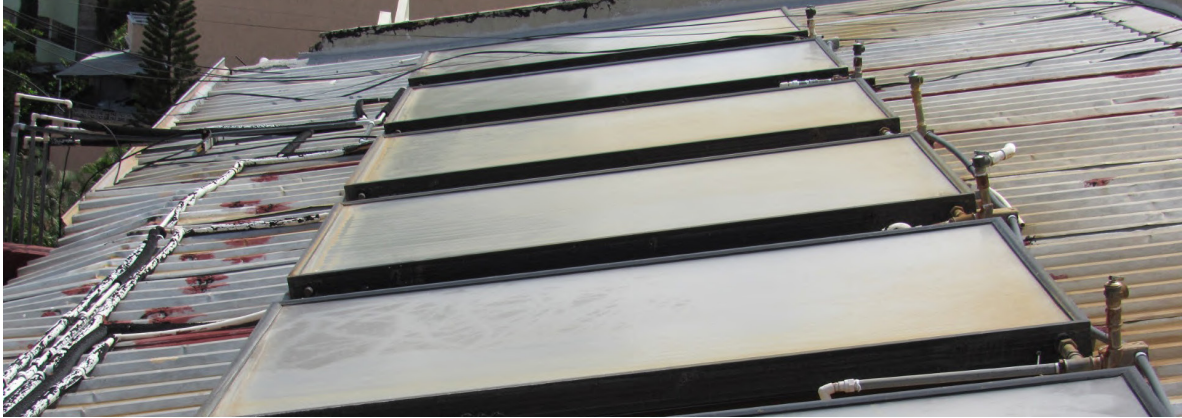
Cabe señalar que se realizaron entrevistas a los usuarios de pequeños proyectos que fueron instalados en los años 2010 y 2014, en Honduras, los cuales manifestaron su alta satisfacción en cuanto al desempeño de la tecnología, pero señalaron la necesidad de contar con una mayor cantidad de empresas que puedan proporcionar servicios de mantenimiento para los equipos ya que tenían dificultad que les atendieran de forma oportuna.

Actualmente, se conoce la existencia de seis empresas en Honduras que instalan equipos solares, incluyendo sistemas solares térmicos:

- INNOVATIVE BUSINESS SOLUTION (IBS)
- TECNOSOL DE HONDURAS
- SISTEMAS SOLARES DE HONDURAS (SOLARIS)
- CADELGA
- NOVA ENERGY SOLUTION
- TECHSOL

A continuación, se citan algunos proyectos de energía solar térmica instalados en Honduras.

- 5 hoteles en el marco del proyecto y un hospital privado PESIC, Sistema solar térmico de 1000 en el que se incluye uno instalado en ApartHotel Guijarros instalado en el 2014, en operación.



Sistema Solar Térmico, 1000 Litros, instalado en el 2014, cortesía ApartHotel Guijaros, Tegucigalpa.

- Proyectos piloto para salas del Hospital Nacional Cardiopulmonar “El Tórax”, de 3500Litros y 1000Litros, tipo forzado y 4 colectores tipo termosifón para cocina, GIZ, en el 2022.
- Proyecto piloto, 40 colectores solares tipo termosifón distribuidos en distintas salas de en 6 hospitales públicos, Termosolar Honduras, 2022.
- Sistema solar térmico, edificio de apartamentos, Green Tower, Tegucigalpa, 2013.
- Sistema solar térmico, edificio de condominios Ivanas Tara, San Pedro Sula, 2013.
- Sistema solar térmico Hotel Minister, Tegucigalpa
- Sistema solar térmico tipo termosifón, edificio Ecovivienda, Tegucigalpa.
- Sistema solar térmico para precalentamiento de caldera en área de lácteos de Escuela Agrícola Zamorano. Colectores solares tipo termosifón en viviendas de ese mismo campus.
- Hotel Latitud 15, Colectores solares tipo termosifón, San Pedro Sula.
- Sistema solar térmico, piscina olímpica de Tegucigalpa.



Sistema solar térmico piscina olímpica Tegucigalpa MDC.

- Sistema solar térmico Edificio 1847, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.



Sistema solar térmico Edificio 1847, Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Este último sistema solar térmico consta de 135 colectores solares, complementados con bombas de calor como respaldo, destinado a cubrir la demanda de agua caliente del comedor estudiantil de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

3.2.1 Marco legal y regulaciones actuales para tecnología solar térmica.

El mercado de colectores solares en Honduras está respaldado por un marco normativo que en los últimos años a través de la Secretaría de Energía (SEN) se ha impulsado, citando para el caso la adopción de dos normativas ISO:

- OHN-ISO 9488:2022, Energía Solar-Vocabulario: Define los términos y conceptos estandarizados relacionados con la energía solar, abarcando la medición de la radiación solar y su utilización en aplicaciones como el calentamiento de agua, calefacción, enfriamiento y procesos industriales.
- OHN-ISO 9806:2017, Energía Solar-Colectores Solares-Métodos de Ensayos: Este documento especifica los métodos de ensayo para evaluar la durabilidad, la fiabilidad, la seguridad y el rendimiento térmico de los colectores solares de calentamiento por fluidos.

Adicionalmente, el Reglamento Instalaciones Solares Térmicas de Baja Temperatura, Requisitos Básicos de Instalación, que actualmente se encuentra en el paso previo a su publicación en el Diario Oficial La Gaceta, por parte de la SEN, refuerza los estándares al proporcionar directrices específicas para la correcta instalación y operación de los sistemas solares térmicos de baja temperatura, estableciendo normas en seguridad, eficiencia y calidad. Este enfoque busca no solo beneficiar a los usuarios de los colectores solares, sino también elevar el prestigio de las aplicaciones de sistemas de calentamiento solar de agua y otros fluidos. Este marco normativo también exige que, los colectores solares cumplan con los estándares certificados por organismos internacionales acreditados.

En cuanto a los incentivos fiscales, el Decreto 138-2013 establece la exoneración del Impuesto sobre Ventas y aranceles para la importación de equipos y materiales destinados a las instalaciones de energía solar térmica, fomentando un entorno favorable para la comercialización de colectores solares. Las empresas proveedoras y los técnicos deben estar registrados ante la Secretaría de Energía (SEN), cumpliendo con los requisitos técnicos y legales establecidos en el acuerdo SEN-132-2024, lo que acredita su competencia y asegura el cumplimiento de los estándares exigidos, fortaleciendo así la confianza en el mercado.



HONDURAS

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

Capítulo 4

Potencial del Mercado de Colectores Solares



Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras

2023

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA



4.1 Metodología para los cálculos

La estimación del potencial de energía solar térmica en el sector industrial es el que representa cierta complejidad. La metodología que han utilizado estudios similares de otros países se basa en la energía térmica requerida cuando se cuenta con datos del uso final de la energía, en otros casos, el estudio se realiza en base al área disponible o se calcula tomando como referencia estudios de casos de empresas industriales seleccionadas³

En Honduras no se dispone de un estudio detallado sobre la energía útil y mucho menos se cuenta la estimación de energéticos destinados específicamente a las aplicaciones térmicas de cada industria, comercio o sector residencial. Aunque se enviaron encuestas y se solicitaron entrevistas a ingenieros responsables de las áreas técnicas de las industrias de gran capacidad, como las exportadoras, para conocer la demanda de agua caliente y el consumo de energéticos, no se obtuvo una muestra significativa para realizar estimaciones precisas del potencial de energía solar térmica en este subsector. No obstante, fue posible obtener una estimación fundamentada en la estadística del consumo de energéticos destinado a la totalidad de la industria que maneja la Secretaría de Energía. Adicionalmente, se llevaron a cabo investigaciones a través de asociaciones gremiales e instituciones gubernamentales recopilando estadísticas de fuentes oficiales. Esto permitió reunir información útil para cada sector, incluyendo a las MiPymes que pueden hacer uso de agua caliente en sus procesos.

Por otra parte, uno de los documentos referentes en energía solar térmica es el publicado por Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE⁴ de España que establece que: El sistema de acumulación debe disponer de un volumen suficiente para almacenar toda la energía captada diariamente por el sistema de captación solar siendo recomendable al menos disponer de una relación entre volumen de acumulación V en litros y superficie de captadores A en m^2 de $V/A = 75$ litros/ m^2 , en tanto que, IDAE, 2009⁵ y la Sección HE 4 del Código Técnico de Edificaciones (CTE, España) disponen que:

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición: $50 < V/A < 180$ donde:

A será el área total de los captadores, expresada en m^2

V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros.

Por tanto, para las estimaciones del potencial de energía solar térmica en aplicaciones sanitaria del presente documento, el valor de $V/A=100$ puede asumirse. De hecho, esta relación ha sido utilizada en otros estudios similares, por ejemplo, en Panamá, lo que respalda su validez y utilidad para el presente análisis.

A continuación, se presenta los valores orientativos de la demanda de ACS a la temperatura de referencia de $60^{\circ}C$, que podrán ser incrementados de acuerdo con las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación.

³ *Potential studies on solar process heat worldwide Deliverable C5, IEA SHC Task 49, Version 2.0, 31/10/2015.*

⁴ *Guía Técnica de Energía Solar Térmica, IDAE, 2020*

⁵ *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, 2009.*

Criterio de demanda	Litros/día
Hospitales y clínicas	55 por cama
Ambulatorio y centro de salud	41 por persona
Hotel *****	69 por cama
Hotel ****	55 por cama
Hotel ***	41 por cama
Hotel/hostal**	34 por cama
Hotel/pensión*	28 por cama
Camping	21 por emplazamiento
Residencia	41 por persona
Centro penitenciario	28 por persona
Albergue	24 por persona
Vestuario/Duchas colectivas	21 por persona
Escuela sin duchas	4 por alumno
Escuela con duchas	21 por alumno
Cuarteles	28 por persona
Fábricas y talleres	21 por persona
Oficinas	2 por persona
Gimnasios	21 por persona
Lavandería	de 3 a 5 por kilo de ropa
Restaurantes	8 por comida
Cafeterías	1 por comida

Tabla 4: Demanda orientativa para agua caliente (IDAE)

En otra instancia, se utiliza el software Polysun para la estimación de la entrega de energía (kWh/m² por año) tomado como referencia un colector solar tipo la cual depende de la eficiencia dada por la ecuación mostrada a continuación:

$$\eta_{colector} = \eta_0 - a_1 \frac{T_m - T_a}{G_0} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G_0}$$

Para las estimaciones se ha utilizado un modelo de colector solar con las siguientes características

Área total: 2.80m ²	Factor de rendimiento óptico: η_0 , b: 0.691
Área de apertura: 2.58m ²	Coefficiente lineal de pérdidas térmicas: 3.42 W/m ² K
Área de absorbedor: 2.54m ²	Coefficiente cuadrático de perdidas térmicas: 0.007 W/ m ² K ²

$\eta_{colector}$: Eficiencia del captador

G_0 : Irradiación Solar Global sobre el plano de colectores (W/m²)

T_m : Temperatura media del fluido caloportador

T_a : Temperatura ambiente

Para efectos prácticos de la estimación de energía por área de captación, se toma como referencia una instalación localizada en la ciudad de Tegucigalpa con una demanda de agua caliente para una familia de 4 personas, temperatura final 50°C, con lo cual resulta que el rendimiento por superficie abertura de los colectores de 0.77MWh/m²/año, que se puede considerar como un valor medio dado la eficiencia óptica del equipo que es 0.69. Se entiende que esta aportación varía en función del tipo de captación, eficiencia del equipo, orientación e inclinación, así como la irradiación solar global del sitio. Para el caso en la zona sur de Honduras donde se encuentra la mayor irradiación solar, el aporte de energía por metro cuadrado de colector, resultara mucho mayor.

Eficiencia del sistema: relación entre la energía suministrada por la parte solar de una instalación y la radiación solar global recibida en la superficie de captación con respecto a un periodo determinado de tiempo (típicamente 1 año).

4.2 Importe de equipos para calentar agua

A fin de conocer la estadística sobre la importación de equipos destinados al calentamiento de agua o producción de vapor, se consultó a la Dirección de Aduanas dependiente de la Secretaría de Finanzas sobre la cantidad importada por clasificación arancelaria para los años 2017-2023, que, aunque no se detalla el tipo de equipo importado, proporciona una idea general del potencial que tiene el país para la implementación de colectores solares térmicos. Ver tabla 5.

Código Arancelario	Descripción	2017		2018		2019		2022		2023	
		Cantidad	CIF USD	Cantidad	CIF USD	Cantidad	CIF USD	Cantidad	CIF USD	Cantidad	CIF USD
8402.11.00.00.00	Calderas acotubulares con una producción de vapor superior a 45 t por hora	210	984,971	1019	2,149	62,443	8,540	2,456	4,070	3	583
8402.12.00.00.00	Calderas acotubulares con una producción de vapor inferior o igual a 45 t por hora	7	210,178	75	57,690	3	191,773	3,606	81,534	132	1,755,099
8402.19.00.00.00	Las demás calderas de vapor, incluidas las calderas mixtas	221	658,589	51	1,215,381	67	10,777,564	68	2,450,209	105	3,995,336
8402.20.00.00.00	Calderas denominadas "de agua sobrecalentada"	53	184	150	101	4	223,633	27	108,939	136	120,343
8403.10.00.00.00	Calderas	36	1,357,557	8	11,343	4	73,810	17	115,641	5	17,516
8419.12.00.00	Calentadores solares de agua							97	48,502	236	65,057
8419.11.00.00.00	De calentamiento instantáneo, de gas	74	69,007	358	224,597	747	58,841	509	97,793	174	161,010
8419.19.00.00.00	Los demás	2304	371,492	3,546	159,587	2,203	296,775	2,226	973,814	2,336	387,280
8516.10.00.00.00	Calentadores eléctricos de agua de calentamiento instantáneo o acumulación y calentadores eléctricos de inmersión	100,414	1,876,093	141,096	1,903,771	111,440	1,607,980	156,743	2,426,323	215,470	3,249,267

Tabla 5. Equipos y montos CIF de equipos importados para calentamiento de agua o generación de vapor 2017-2023

Los años 2020 y 2021 no se toman en cuenta, ya que la pandemia de COVID-19 impactó la precisión y fiabilidad de los datos estadísticos.

Resalta en este cuadro la oportunidad de implementación de colectores solares tomando en cuenta lo siguiente:

- Los calentadores solares de agua, partida arancelaria 8419.12.00.00, apenas se han importado pequeñas cantidades en el 2022 y 2023.
- Las duchas y otros calentadores eléctricos utilizados principalmente para calentamiento de agua, partida arancelaria 8516.10.00.00.00, se registran en cantidades significativas de importación todos los años.
- En todos los años se muestra importación de calderas, calentadores eléctricos tipo resistencia lo que supone un dinamismo en los sectores industrial, comercial y residencial.

En el contexto de las importaciones de equipos, se evidencia las oportunidades concretas para la implementación de la tecnología solar térmica, que en un plazo razonable del retorno de la inversión puede ofrecer una reducción significativa de los costos operativos y sostenibilidad energética de los diferentes sectores.

4.3 Análisis del potencial de Energía Solar Térmica

El presente estudio no abarca el análisis del área disponible para la instalación de los colectores solares, ya sea de techos o áreas libres adyacentes, ni aborda las condiciones estructurales de las edificaciones, reconociendo que en las instalaciones solares es esencial tomar en cuenta estos datos, pues para su diseño se parte de la misma demanda de agua caliente, datos de radiación entre otros factores, así como área disponible para el montaje de los equipos.

El análisis comprende los hospitales (públicos y privados), hoteles y sector industrial, este último fundamentándose en las estadísticas de consumo de combustible anual de fuel oil o bunker y GLP considerando que son las fuentes energéticas más utilizadas en este sector.

4.3.1 Sector Industrial

Honduras es un país en vías de desarrollo que ha demostrado ser competitivo en la manufactura y exportación de productos, además de contar con un dinámico y creciente mercado de la Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes). Aunque históricamente su economía dependió del sector primario, especialmente la agricultura y minería, en las últimas décadas ha diversificado su base económica con la manufactura, maquila, alimentos y bebidas, entre otros.

Debido a la falta de datos específicos disponibles sobre el consumo de energía térmica en el sector industrial, se enviaron encuestas a las empresas listadas en Directorio de Exportadores publicado por la Secretaría de Desarrollo Económico (SDE) que supone las empresas con mayor producción; aceites y grasas vegetales, alimentos procesados, bebidas, mariscos y carnes, textiles, farmacéuticas, azucareras y cementos; sin embargo, no se obtuvo información amplia y específica debido al bajo porcentaje de respuestas recibidas.

Empresas exportadoras en Honduras		
No.	Rubro	Cantidad
1	Alimentos para animales	6
2	Aceites y grasas vegetales	9
3	Mariscos y carnes	26
4	Alimentos procesados y bebidas	10
5	Industria farmaceutica	12
6	Industria textil	26
Total		89

Tabla 6. Cantidad de empresas exportadoras por sector

Cabe destacar que se evidencio, de las investigaciones realizadas que, las grandes industrias utilizan calderas a base de bunker o fuel oil, que corresponde a una fuente altamente contaminante. En contraste, las empresas de aceites y grasas vegetales, así como las azucareras, utilizan la biomasa principalmente como fuente para la producción calor.

Dado la falta de datos más precisos, se ha procedido a realizar el análisis descriptivo de ciertas industrias y cuantitativo a partir de los datos contenidos en el Informe Estadísticos Mensual de Comercialización de Hidrocarburos de Honduras, 2023, p15, en donde se detalla que el sector industrial consumió 633,882 barriles de bunker o fuel oil y 146,595 barriles de GLP, cantidades que podrían reducirse al utilizar colectores solares para precalentar el agua al incrementar su temperatura en algunos grados Celsius antes de ingresar a las calderas. En el 2022, el consumo de fuel oil en la industria fue de 601,342 barriles y de 141,996 barriles de GLP. Hubo un incremento del 5.41% respecto del año 2023 respecto al 2023 con relación al bunker.

Sector	Gasolina superior	Gasolina regular	Diésel	Kerosene	Av-Jet	Fuel oil (Bunker)	GLP	GLPPV	Asfalto
Agroindustria	1,826	305	71,118		23	573	512		
Comercio	4,877	3,301	42,863			374	696,711		
Construcción	890	297	114,841				10,887		68,967
Defensa									
Gasolineras	4,094,962	3,517,799	5,411,093	49,785			14,149	340,417	
Generación de Energía Eléctrica	188	459	100,368			6,257,154	14,999		
Gobierno	113	1	1,876	5,579					
Industria	73,432	53,225	948,974		70	633,882	146,595		1,405
Minería	1,335		17,729				8,749		
Pesca	36,646	22,830	142,415				120		
Residencial							1,285,544		
Transporte aéreo			106		517,886	151			
Transporte marítimo	87	973	42,406				100		
Transporte terrestre	1,008	2,885	158,801		94		661		
Total	4,215,364	3,602,075	7,052,590	55,364	518,073	6,892,134	2,179,027	340,417	70,372

Tabla 7. Venta de combustibles a consumidores finales en barriles, 2023, fuente SEN

El calor solar industrial (Solar Heat for Industrial Processes-SHIP) es un segmento en crecimiento a nivel mundial con al menos 817 plantas en operación a fines de 2019, México fue el líder del mercado con 26 instalaciones en ese año. (solar-payback)

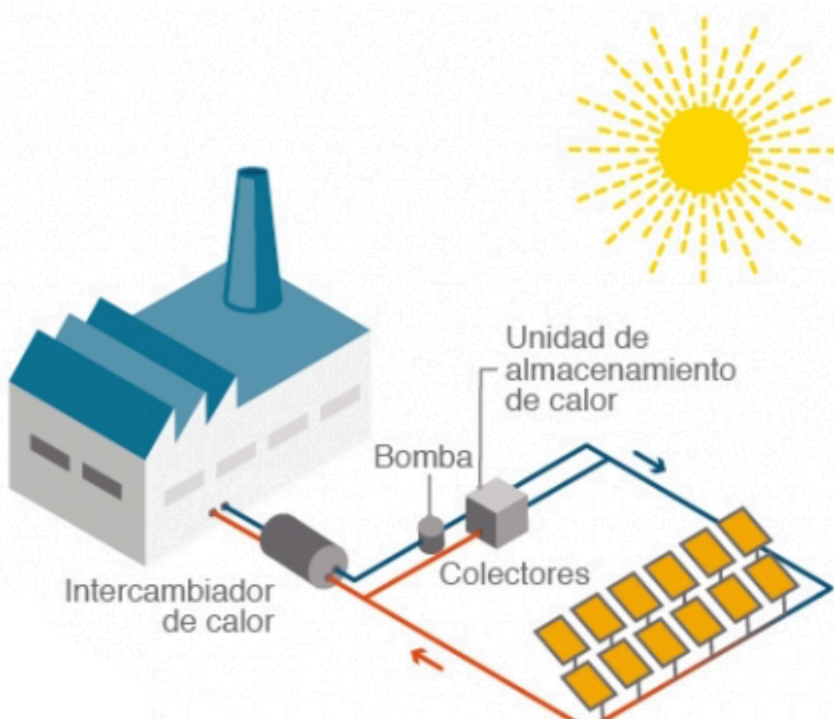


Figura 12. Esquema de integración de colectores solares en la industria.

A continuación, se indica en la tabla 8 los rangos de temperatura para ciertos procesos de la industria.

Rangos de temperatura en la industria		
Rama	Operación	Temperatura (°C)
Alimentos	Secado	30-90
	Lavado	60-90
	Pasteurización	60-80
	Ebullición	95-105
	Esterelización	110-120
	Tratamiento térmico	40-60
Bebidas	Lavado	60-80
	Esterelización	60-90
	Pausterización	60-70
	Cocinado y secado	60-80
	Pre calentamiento de agua	60-90
	Blanqueamiento	130-150

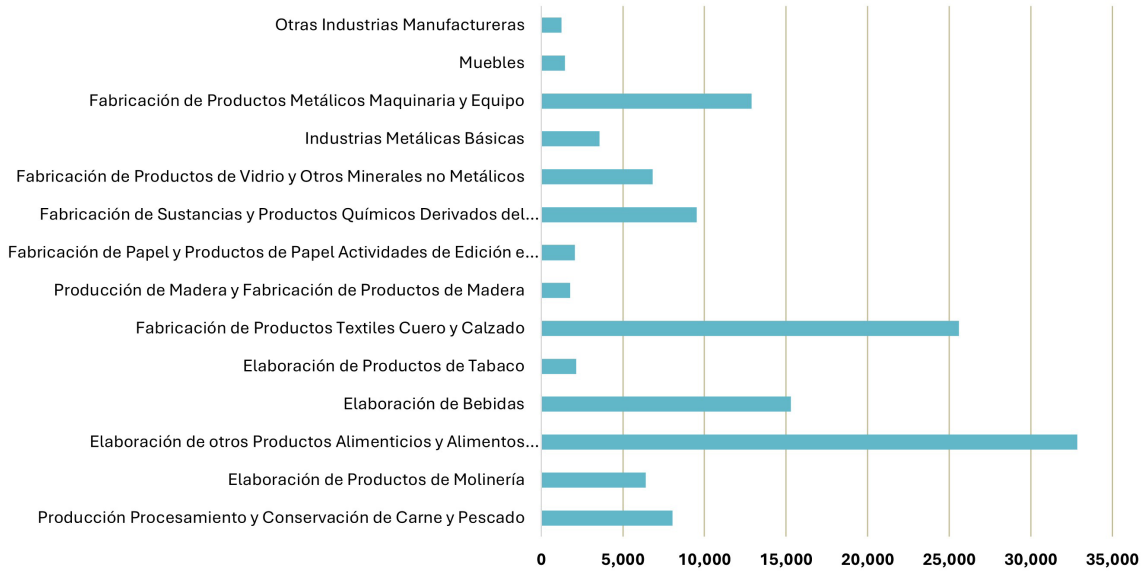
Rangos de temperatura en la industria		
Rama	Operación	Temperatura (°C)
Textil	Blanqueamiento	60-100
	Tintura	70-90
	Secado	100-130
	Desengrasado	100-130
	Lavado	40-80
	Fijación	160-180
	Prensado	80-100
Química	Jabones	200-260
	Caucho sintético	150-200
	Calor del proceso	120-180
	Pre calentamiento de agua	60-90
Plástico	Preparación	120-140
	Separación	140-150
	Destilación	200-220
	Extensión	140-160
	Secado	180-200
	Mezclado	140-160
Todas las ramas	Pre calentamiento de agua	30-100
	Enfriamiento	55-180
	Calentamiento de espacios	30-80

Tabla 8. Rangos de temperatura por procesos, IRENA 2015

Para obtener una visión general de la industria en Honduras, se muestra la Tabla 9, el Valor Agregado Bruto tomada de los datos del Banco Central de Honduras y gráfica 5 elaborada a partir de los mismos datos, que evidencian la significativa participación del sector textil, marcado por elaboración de prendas de vestir y telas, así como de empresas que procesan distintos alimentos y bebidas. Ambos sectores destacan por su importancia dentro de la economía nacional.

Actividad Económica	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Precios corrientes	93,068	97,182	100,834	93,189	109,604	124,810	129,685
Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco	47,659	49,099	50,434	49,580	54,684	59,859	64,739
*Producción, Procesamiento y Conservación de Carne y Pescado	5,837	5,963	6,276	6,254	6,725	7,725	8,051
*Elaboración de Productos de Molinería	3,951	4,179	4,312	4,431	4,436	5,168	6,388
*Elaboración de otros Productos Alimenticios y Alimentos Preparados para Animales	26,230	26,430	27,225	25,768	28,214	32,053	32,862
*Elaboración de Bebidas	10,048	10,557	11,109	11,449	13,431	12,948	15,309
*Elaboración de Productos de Tabaco	1,593	1,970	1,512	1,678	1,878	1,965	2,129
Fabricación de Productos Textiles, Cuero y Calzado	19,951	21,337	23,533	17,181	22,809	29,538	25,609
Producción de Madera y Fabricación de Productos de Madera	890	974	1,021	888	1,263	1,432	1,771
Fabricación de Papel y Productos de Papel, Actividades de Edición e Impresión	1,400	1,084	1,278	778	958	1,166	2,064
Derivados del Petróleo, Productos de Caucho y Plástico	5,735	6,373	7,134	7,684	7,782	7,816	9,535
Fabricación de Productos de Vidrio y Otros Minerales no Metálicos	5,483	5,122	4,948	4,421	5,569	5,527	6,837
Industrias Metálicas Básicas	1,909	2,707	2,063	2,615	3,176	4,273	3,563
Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo	7,769	8,021	7,616	7,822	10,158	11,487	12,889
Muebles	1,024	1,108	1,188	934	1,079	1,333	1,449
Otras Industrias Manufactureras	1,248	1,357	1,519	1,286	2,126	2,379	1,229

Tabla 9. Valor agregado bruto a precios básicos de la Industria Manufacturera, 2023, BCH



Gráfica 5. Valor agregado bruto a precios básicos de la Industria Manufacturera de Honduras, 2023

Sector textil

En condiciones favorables dada su localización geográfica estratégica, infraestructura desarrollada y un régimen fiscal que incentiva la producción textil y de confección, el sector maquilador textil se ha consolidado como líder en la economía de exportaciones en Honduras en mercados de Centroamérica, Estados Unidos y Europa, principalmente. Este sector ha generado un importante impacto en la economía nacional al representar entre 2010 y 2023 del 7.2% del Producto Interno Bruto (PIB) y 37.6% de la industria manufacturera (Programa monetario, 2024-2025, Banco Central de Honduras)

En términos generales, el proceso textil sigue un curso definido, comienza con la recepción de la materia prima, continúa con la hilatura para formar el hilo y luego pasa al proceso de tejido para crear los lienzos. Posteriormente se lleva a cabo el teñido, cuyo objetivo principal es lograr una coloración uniforme del sustrato, en el que el agua caliente se utiliza para disolver los colorantes y garantizar una distribución uniforme del color en las telas.

A continuación, en la figura 13 se muestra el proceso del teñido de algodón y sus temperaturas referenciales requeridas de agua caliente:

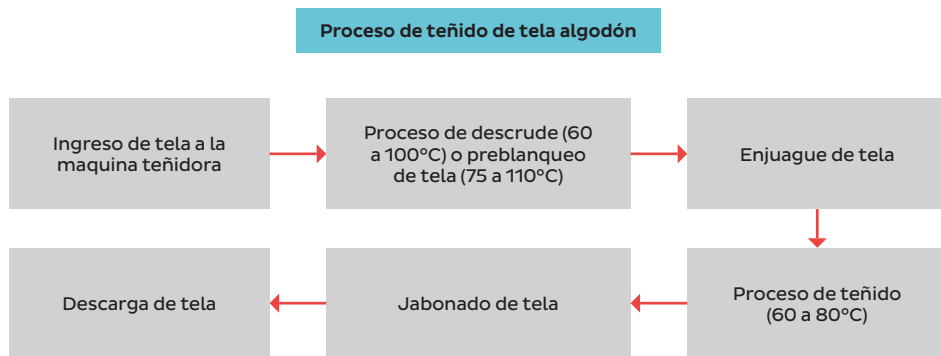


Figura 13. Proceso de teñido del algodón y sus temperaturas

Se enviaron encuestas a 43 textileras de las cuales 8 confirmaron que si utilizan calderas alimentadas con bunker, y cuyo rango de operación de sus procesos oscila desde los 60°C y hasta mayores a 100°C con volúmenes de consumo mensual que entre 40,000m³ hasta 111,000 m³. El resto de las textileras no contestaron la encuesta.

Ante la limitada información disponible, se buscó información en el sitio web de la Asociación de Maquiladores de Honduras, (AMH), la cual lista 23 empresas identificadas del sector textil específicamente.

La industria textil enfrenta su considerable huella de carbono, la búsqueda de fuentes de energía de bajo carbono se vuelve imperativa para lograr emisiones netas cero. La tecnología solar térmica, aunque menos destacada en comparación con otras fuentes de energía renovable, ofrece una alternativa prometedora para descarbonizar los procesos de calentamiento industrial⁶.

Esta industria esta apuntado a integrar la energía renovable para sus procesos, de hecho, ya existen varias empresas de este sector que han instalado sistemas solares fotovoltaicos en sus techos u otras áreas y han adoptado otras prácticas en beneficio del medio ambiente, por lo que es oportuno considerar la implementación de proyectos con colectores solares para precalentamiento de agua en esta importante industria hondureña.

Alimentos y bebidas

La industria de alimentos y bebidas en Honduras es una de las más dinámicas y diversificadas del país. Este sector es crucial para la economía hondureña debido a su contribución significativa al empleo, al PIB y a las exportaciones.

Siempre tomando como base el Directorio de Exportadores, se identificaron 42 empresas dedicadas a la actividad de producción de alimentos y bebidas. De estas se filtraron 31 en las que se identifican que podrían hacer uso de agua caliente o vapor, para limpieza de áreas de trabajo, envasado entre otros, puesto que exportan una variedad de productos en los que se incluye, bebidas gaseosas y naturales, salsas de diferente tipo, alimentos procesados empacados, snacks a base de vegetales, variedad de harinas, entre otros.

De las 31 empresas encuestadas, se recibieron 8 respuestas que indicaron la necesidad de agua caliente o vapor para procesos de ebullición y esterilización, con temperaturas que oscilan entre 60°C y más de 100°C. El volumen mensual de agua requerido varía desde los 20m³ para la empresa de menor capacidad hasta los 5000m³. Estas empresas indicaron que hacen uso de calderas a base de bunker, gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural y para el caso de las empresas azucareras utilizan calderas de biomasa (caña de azúcar).

Al analizar el cuadro del Valor Agregado Bruto, en Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco, se observa el franco crecimiento en todas sus clasificaciones, lo cual representa una oportunidad para la instalación de colectores solares en esta área. De hecho, a nivel mundial es el sector industrial, que más ha implementado la tecnología, a citar Nestlé, Bimbo, Gamesa Quaker, Gatorade (Modulo Solar, México).

Industria Láctea

En Honduras existen un importante mercado de colectores solares para este rubro, puesto que las medidas sanitarias exigen la aplicación de prácticas para el aseguramiento de la calidad del producto además cumplimiento de normativas para la higiene e inocuidad que se requieren en los procesos de producción, procesamiento y comercialización. El uso constante

⁶ <https://globaltextilesource.com/article/solar-thermal-solutions-for-textile-industrys-net-zero-goal>

de agua caliente es fundamental para garantizar una manipulación adecuada, limpieza de áreas de trabajo, maquinarias, equipos y utensilios, desinfección de salas de ordeños, procesos de esterilización y pasteurización dado que tanto el personal como la maquinaria y equipos utilizados en la cadena de valor de la leche deben cumplir con los estrictos estándares propios de esta industria.

Para citar, en el proceso intervienen desde los productores hasta las plantas de procesamiento industrial donde se identifican 13 empresas registradas en el 2023 ante Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASA) que venden al mercado local e internacional en el que se incluye Estados Unidos de América, leche pasteurizada, en polvo y UHT (Ultra Alta Temperatura), así como ciertos tipos de quesos y yogures. Por otro lado, se agrega que hay una serie de pequeñas plantas de procesamiento, en su mayoría clasificadas como artesanales que también ofrecen leche y sus derivados al mercado local e internacional sumando un total de 478 establecimientos (Heifer Internacional), en SENASA solo se encuentran registrados 32 de estos establecimientos. La producción diaria de leche en Honduras es considerable, oscilando entre 800,000 y 1.5 millones de litros por día.

En las pequeñas plantas artesanales, en el mejor de los casos, se utilizan equipos eléctricos para el retrolavado de las ordeñadoras mecánicas, mientras que en otros casos simplemente prescinden del uso de agua caliente para la limpieza de áreas e implementos, optando por métodos alternativos para este fin. En otros casos utilizan leña para la elaboración de quesos y otros productos lácteos.

La producción de agua caliente es uno de los aspectos esenciales en el que se recomienda que debe abordarse por parte de esta industria puesto que es requerida en todas las operaciones, considerando que en el país se utiliza ciertos procedimientos de limpieza y sanitización que podrían optimizarse o implementarse a través de la aplicación de la energía renovable para generación de calor (agua caliente), con lo que se contribuiría a una industria más organizada y competitiva. Por otra parte, cierta parte de la industria que utiliza calentadores eléctricos o calderas que podrían ser sustituidos por colectores solares o ser utilizados para precalentamiento.

Las temperaturas que se manejan en esta industria en varios procesos son menores a 80°C. Se cita a continuación ciertos procesos que requieren temperaturas bajas y altas en que los colectores solares representan una oportunidad de ahorro y optimización de la industria⁷:

<p>Proceso de baja temperatura < 80°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavado de contenedores o yogos 60°C • Pasteurización 70°C • Maduración del Yogurt 40°-45°C • Limpieza de los equipos en el sitio del proceso 70°-80°C
<p>Proceso de alta temperatura >100°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Esterilización de envases • Tratamiento UHT (esterilización de la leche) • Evaporación en varias fases • Secado por pulverización

⁷ International Journal of Engineering research and technology, Solar Water Heating- Potential use in Dairy Industry, K. K. Sandey, A. K. Agrawal, Ms. Pranali Nikam, 2015.

Dentro de la cadena de valor de esta industria se encuentran los Centros de Recolección y Enfriamiento de Leche (CREL), que corresponde a una estructura productiva y organizativa de propiedad colectiva creada por una organización de ganaderos con la finalidad de tener un espacio dónde recolectar y acopiar la leche de sus fincas para la comercialización en frío a otra empresa procesadora de lácteos y así obtener un mejor precio de venta, se asocia un promedio unos 23 productores/CREL. Estas consisten en una edificación cuyo fin es recibir, conservar y entregar la leche que es recibida de por parte de los productores, en este centro no se realizara ningún proceso de transformación de leche cruda, únicamente se refrigerara.

En la actualidad el país cuenta con 135 centros de recolección y enfriamiento de leche distribuidos en 11 departamentos del territorio nacional, como puede verse en el siguiente mapa.

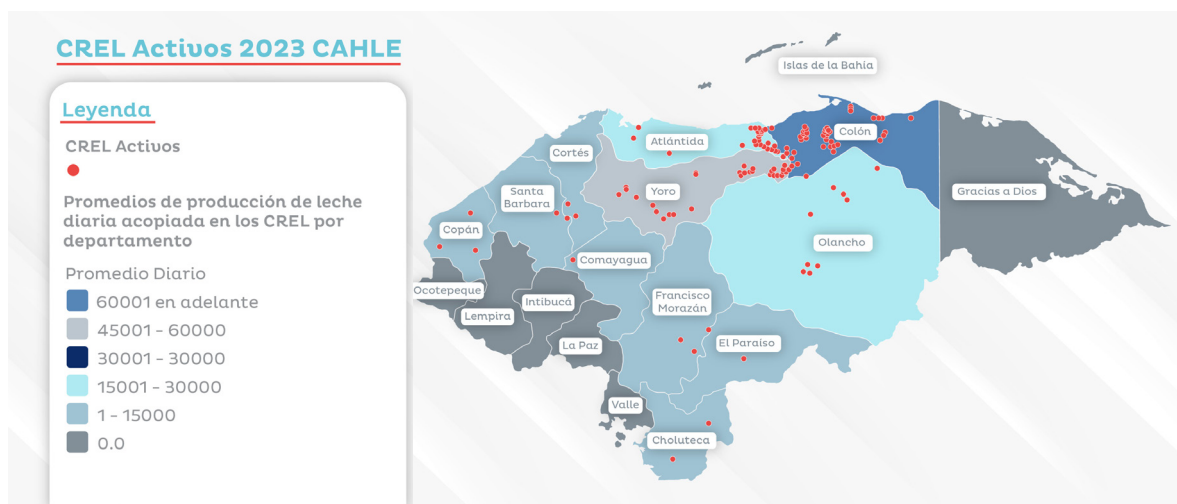


Figura 14. Ubicación CREL y producción de leche diaria, CAHLE, 2023

<https://www.cahle.org/crel>

La estimación del área de captación necesaria en los CREL presentada en el presente documento se basa en dos estudios específicos llevados a cabo por un experto en energía solar térmica que colaboró con la iniciativa TERMOSOLAR HONDURAS. Estos fueron realizados para un número equivalente de centros visitados, en la que se tomó en consideración los datos de radiación, la evaluación de la demanda de agua caliente y otros parámetros relevantes.

Como resultado de estos análisis, se determinó que sería factible instalar colectores solares con un área de captación entre 12.50 m² y 10.00 m² para cada CREL, con lo cual se obtendría un ahorro en la factura eléctrica, estimada entre el 48% y el 64% para cada caso.

Se totaliza para los CREL, 1350 m² de colectores solares, tomando el valor menor.

Para los 478 centros de procesamiento de lácteos, se puede estimar un potencial de 6 metros cuadrados de colectores solares por centro, lo que totaliza 2,868 m² de colectores solares.

Cálculo de área colectora sector industrial

Para la estimación de área colectora es necesario contar con los perfiles de demanda a fin de obtener el mejor aprovechamiento de la irradiación solar, no obstante, para fines del presente documento se hará a través un cálculo energético aproximado, sin considerar eficiencias de calderas debido a que se cuenta con el consumo final global de los combustibles:

Poder Calorífico del Búnker: 11.63kWh/l⁸

Poder Calorífico del GLP: 7.133 kWh/l⁸

Consumo anual total en la industria de fuel oíl en 2023: 633,882 Barriles

Consumo anual total en la industria de GLP en 2023: 146,594 Barriles

Rendimiento del colector por área: 770kWh/m²/año

Estimación de porcentaje de sustitución de combustible por colectores solares térmicos: 30%

1. Calcular la demanda de energía sector industrial (Búnker):

$$\begin{aligned} \text{Energía (kWh)} &= \text{Poder Calorífico del Búnker (kWh/l)} \cdot \text{Consumo de la caldera (l/año)} \\ &= (11.63 \text{ kWh/l}) \cdot (100,779,184 \text{ l/año}) = 1,172,061,910 \text{ kWh/año} \end{aligned}$$

2. Calcular la energía a sustituir con colectores solares

$$\text{Energía por sustituir} = 1,172,061,910 \text{ kWh/año} \times 0.30 = 351,618,573 \text{ kWh/año}$$

3. Calcular la energía anual generada por metro cuadrado de colector solar:

$$\begin{aligned} \text{Área necesaria de colectores solares} &= (351,618,573 \text{ kWh/año}) / (770 \text{ kWh/m}^2/\text{año}) \\ &= 456,647 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Al realizar los cálculos para sustituir el 30% de consumo de GLP se obtiene un área de 64,771 m²

Adicionalmente se clasificó la información de 18,000 establecimientos proporcionada por Agencia de Regulación Sanitaria (ARSA) y las listas de empresas aglutinadas en asociaciones gremiales de ciertos sectores específicos que, por su actividad económica actual o futura, sugieren el uso de agua caliente en sus procesos. A continuación se presenta un resumen de esta investigación, en las que se listan la cantidad por rubros que pueden utilizar agua caliente en sus procesos:

⁸ <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/poder-calorico/>

Tipo de empresa	Cantidad
Agroindustria	56
Bar	166
Procesamiento de carnes	398
Chocolaterías, condimentos, confitería	46
Destilería	4
Droguería y farmacéutica	25
Embotelladora	11
Empacadora de alimentos varios	94
Empresas avícolas	57
Fábrica de alimentos	111
Fábrica de licores	21
Procesamiento de mariscos	101
Panificadora y repostería	836
Tortillería	107
Supermercados	373
Restaurante	2,177
Total	4,583

Tabla 10. Empresas registradas en Agencia de Regulación Sanitaria (ARSA), 2023

Otras empresas identificadas con potencial de uso de agua caliente a nivel nacional:

- 18 centros de acopio y venta de tilapia, fuente: Secretaria de Ganadería, (SAG)
- 110 gimnasios, según datos obtenidos de fuentes web.

4.3.2 Sector hotelero

Según Directorio de Establecimientos Turístico actualizado en junio de 2023 y publicado por el Instituto Hondureño del Turismo (IHT), existen 1827 centros de alojamiento distribuidos en diferentes municipios del país. Las ciudades de San Pedro Sula, Tegucigalpa, La Ceiba y la isla de Roatán destacan por concentrar la mayor cantidad de estos establecimientos, debido a su relevancia como destinos turísticos clave y motores fundamentales de la economía nacional.

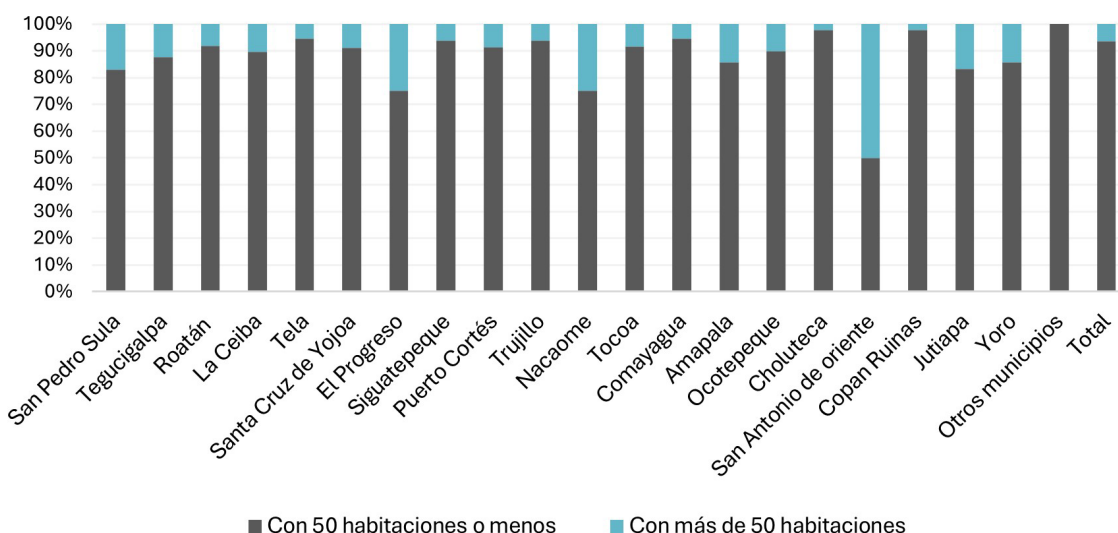
Municipio	Número de establecimientos	Con información de habitaciones	Número de habitaciones
San Pedro Sula	199	141	4,700
Tegucigalpa	188	161	4,670
Roatán	195	134	2,661
La Ceiba	89	78	1,990
Tela	91	73	1,515
Choluteca	52	46	989
Comayagua	45	37	837
Siguatepeque	39	32	811
Santa Rosa de Copán	52	43	766
Puerto Cortes	33	23	724
Trujillo	34	32	681
Copán Ruinas	46	43	680
Gracias	49	46	659
Santa Cruz de Yojoa	41	34	625
Tocoa	28	24	573
La Esperanza	35	26	495
Utila	53	43	483
Catacamas	34	32	473
El Progreso	14	12	444
Juticalpa	23	21	430
Danlí	26	22	384
Omoa	28	27	319
Santa Bárbara	18	16	268
San Lorenzo	14	14	262
Amapala	15	14	239
Olancho	10	8	237
Marcala	16	13	233
Ocotepeque	12	10	228
Jutiapa	6	6	197
Nueva Arcadia	9	9	195
Nacaome	10	8	183
Otros municipios	323	283	3,702
Total	1,827	1,511	31,653

Tabla 11. Establecimientos de alojamiento por municipio, 2023

A continuación se presenta una tabla y un gráfico que muestran la distribución de los alojamientos reportados en el país, indicando el número de camas de cada uno, clasificadas en dos categorías: aquellos con 50 camas o menos, y los que cuentan con más de 50 camas.

Municipio	Establecimiento con 50 habitaciones o menos		Establecimientos con más de 50 habitaciones		Total	
	Número de establecimientos	Número de habitaciones	Número de establecimientos	Número de habitaciones	Número de establecimientos	Número de habitaciones
San Pedro Sula	117	2537	24	2163	141	4700
Tegucigalpa	141	2542	20	2128	161	4670
Roatán	123	1669	11	992	134	2661
La Ceiba	70	1360	8	630	78	1990
Tela	69	965	4	550	73	1515
Santa Cruz de Yojoa	31	408	3	217	34	625
El Progreso	9	213	3	231	12	444
Siguatepeque	30	613	2	198	32	811
Puerto Cortés	21	382	2	342	23	724
Trujillo	30	437	2	244	32	681
Nacaome	6	77	2	106	8	183
Tocoa	22	441	2	132	24	573
Comayagua	35	723	2	114	37	837
Amapala	12	125	2	114	14	239
Ocatepeque	9	177	1	51	10	228
Choluteca	45	929	1	60	46	989
San Antonio de oriente	1	20	1	54	2	74
Copán Ruinas	42	602	1	78	43	680
Jutiapa	5	37	1	160	6	197
Yoro	6	80	1	55	7	135
San Lorenzo	14	262			14	262
Valle de Angeles	3	71			3	71
Sensenti	1	5			1	5
El Negrito	2	37			2	37
San Esteban	4	54			4	54
El Paraíso	7	94			7	94
Santa Ana	1	4			1	4
El Porvenir	3	29			3	29
Catacamas	32	473			32	473
Atima	2	13			2	13
Sabá	10	150			10	150
El Triunfo	2	19			2	19
San Ignacio	1	38			1	38
Erandique	3	46			3	46
Otros municipios	509	7402			509	7402
Total	1,418	23,034	93	8,619	1,511	31,653

Tabla 12: Establecimientos de alojamiento según número de habitaciones



Gráfica 6. Establecimientos de alojamiento según número de habitaciones

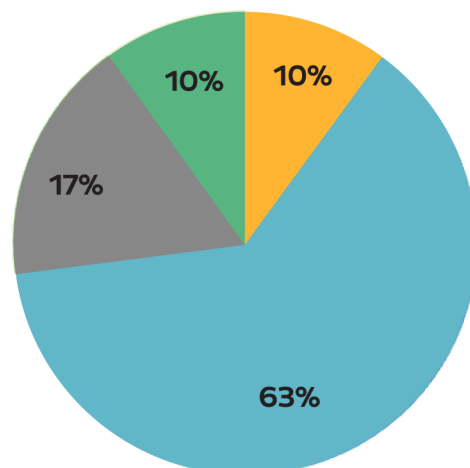
Con el objetivo de conocer la tecnología para calentar agua en este sector, la SEN realizó una encuesta entre diferentes hoteles de los cuales se obtuvieron 70 respuestas cuyos resultados se muestran en la tabla 13 y gráfica 7:

Equipo que utiliza para calentar el agua	¿Cuál es el sistema principal de calentamiento de agua que utiliza el hotel?
Calentador a base de gas (GLP)	7
Calentador eléctrico	44
Duchas eléctricas	12
Otros	7
Total general	70

Tabla 13: Porcentaje de equipos utilizados para calentar agua en hoteles

¿Cuál es el sistema principal de calentamiento de agua que utiliza el hotel?

- Calentador a base de gas (GLP)
- Calentador eléctrico de paso/acumulador
- Duchas eléctricas
- Otros



Gráfica 7. Porcentaje de equipos para calentar agua sector hotelero.

Se observa que la electricidad es el medio predominante para calentar agua, principalmente a través de resistencias eléctricas, lo que genera un impacto significativo en el costo de la factura mensual de energía. En detalle, el 63% del calentamiento de agua se realiza ya sea calentadores de paso o instantáneos o de acumulación que son aún más ineficientes que los primeros, mientras que un 17% corresponde al uso de duchas eléctricas. Esta dependencia del 80% la electricidad para la generación de agua caliente implica un considerable gasto energético, que podría ser optimizado con el uso de alternativas más eficientes y sostenibles como los colectores solares.

Un dato relevante que resalta en esta estadística es que el 90% de los hoteles encuestados están dispuestos a ser contactados para obtener más información sobre la tecnología solar térmica ya que buscan reducir los costos de la factura de energía eléctrica o combustible destinados a calentar agua, puesto que representa un gasto operativo alto en este sector.

En Honduras, es posible encontrar hoteles que abarcan todas las categorías. Según la Encuesta de establecimientos en el sector hotelero de Honduras, febrero 2021, Impac International LLC, p.7, se revela que, de los 437 hoteles analizados, el 62% corresponde a hoteles de tarifas bajas, el 25% a tarifas medias y el 14% a tarifas altas.

Adicionalmente, según la Guía Técnica de Energía Solar Térmica (IDAE, 2020), Tabla 4, indica que el consumo de agua caliente sanitaria para 1p/plaza¹ a 60°C es de 34 litros/día para un hotel de 2 estrellas, 41 litros/día para un hotel de tres estrellas, 55 litros/día, para un hotel de 4 estrellas, y 69 litros/día, para un hotel de 5 estrellas, por lo que para el presente cálculo se estima un valor de 50 litros/día. A partir de la relación $V/A=100 \text{ l/m}^2$ y rendimiento por superficie abertura de los colectores de $0.77\text{MWh/m}^2/\text{año}$ se obtiene un área requerida para este sector de $12,661 \text{ m}^2$ para una ocupación del 80% y en atención únicamente al agua sanitaria requerida para el uso de los huéspedes.

No. de camas	Litros/cama	Total litros	m2 (80% ocupación)	MWh/año
31,653	50	1,582,650	12,661	9,749.12

Adicionalmente en los hoteles cuentan con el servicio de restaurantes y limpieza de ropa de cama y toallas cuyo peso combinado para una habitación de hotel podría oscilar entre aproximadamente entre 3 y 5 kg de ropa/día-cama según varias fuentes abiertas, este último servicio puede ser brindado por el mismo hotel o puede ser tercerizado. Badalaundry, 2020, indica que, según los estándares internacionales, se esperan 4 kilogramos de ropa de cama por habitación en un hotel.

Tomado como referencia el valor mínimo de peso de ropa por habitación y el consumo de agua caliente establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura de España, 2009, de 3 litros/kg de ropa en área de lavandería, se concluye que; para una ocupación del 80 %, se necesitan 2,279m² de área de captación, lo que permitiría generar 1,754.84 MWh/año para cubrir este servicio. Dado que no se dispone de información sobre cuántos hoteles en el país ofrecen el servicio de restaurante, este no ha sido incluido en el cálculo.

4.3.3 Sector hospitalario

En consulta planeada a la Jefatura del Área de Estadísticas de la Secretaría de Salud (SESAL), se obtuvo el listado de los 32 hospitales públicos distribuidos a nivel nacional, junto con el número de camas. Estas suman un total de 5,573 camas como se detalla en la Tabla 14, cuya ocupación anual fue del 72% para el año 2023.

Total de camas y ocupación según nivel de atención 2023			
Nivel de atención		Total camas	% Ocupacional
Hospital Básico		1,383	76.41
1	Roberto Suazo Córdova	70	83.14
2	Puerto Cortés	68	103.71
3	Santa Bárbara	113	88.09
4	Manuel de Jesús Subirana	153	41.18
5	Gabriela Alvarado	162	70.48
6	Roatán	42	73.95
7	Tela	92	74.80
8	Salvador Paredes	52	68.45
9	Puerto Lempira	38	116.47
10	San Marcos de Ocotepeque	98	81.12
11	Juan Manuel Galvez	129	76.89
12	Santo Hermano Pedro	60	76.21
13	Enrique Aguilar Cerrato	139	69.68
14	San Lorenzo	88	93.95
15	Anibal Murillo	79	85.69

Total de camas y ocupación según nivel de atención 2023			
Nivel de atención		Total camas	% Ocupacional
Hospital General		1,246	69.66
16	Santa Teresa	160	72.83
17	El Progreso	143	58.64
18	Del Sur	250	68.75
19	Occidente	269	70.83
20	Atlántida	162	78.10
21	San Isidro	104	60.28
22	San Francisco	158	73.36
Hospital de Especialidades		2,777	71.44
23	Leonardo Martínez Valenzuela	127	65.69
24	Bloque Medico Quirúrgico	633	85.61
25	Bloque Materno Infantil	595	71.62
26	San Felipe	409	38.74
27	Santa Rosita	206	88.96
28	Mario Mendoza	87	74.17
29	Mario Catarino Rivas	678	72.66
30	María Especialidades Pediátricas	28	82.13
31	Centro Hondureño del Niño Quemado	14	75.97
Institutos		167	50.84
32	Instituto Nacional Cardiopulmonar	167	50.84
Total general		5,573	71.66

Tabla 14. Número de camas en hospitales públicos

Partiendo de esta base y aplicando la misma metodología de cálculo que se utilizó para los hoteles, así como la guía de la tabla 4, que establece una demanda de agua caliente en hospitales de 55 litros para 1p/plaza, es decir una persona/cama, se determina que la demanda total es de 306,515 litros por día para la totalidad de camas en hospitales públicos.

Para fines del presente documento se estimará el 80% de ocupación, lo que equivale a 2,452m² de área requerida de captación para este sector publico.

Aunque existen una serie de clínicas, en el sector de salud pública en la práctica no se hace uso del agua caliente para aplicaciones sanitarias, por lo que no se estima el potencial solar térmico en estas áreas.

Categoría	No. de camas	litros/cama	Total litros	m2 (80% ocupación)	MWh/año
Hospitales públicos	5,573	55	306,515	2,452	1,888

Es importante mencionar que algunos hospitales públicos de Honduras utilizan calentadores eléctricos de acumulación o de paso, así como electroduchas, los cuales se destinan principalmente al uso sanitario de los pacientes. No obstante, en ciertos casos, este servicio ni siquiera está disponible, lo que resalta las carencias en la infraestructura básica de estos centros de atención médica. Asimismo, algunos hospitales que emplean calderas alimentadas por búnker o diésel, las cuales están destinadas a satisfacer las necesidades de calentamiento de agua en áreas específicas, como la lavandería, donde se requiere un suministro constante de agua caliente para los procesos de lavado y desinfección de la ropa hospitalaria, aunque de igual manera existen hospitales públicos que no cuentan con agua caliente ni siquiera para esta área crítica.

Actualmente se encuentran en construcción ocho hospitales públicos, lo cual se suma al potencial para implementar la tecnología solar térmica de baja temperatura en estas nuevas edificaciones, en tanto que, por iniciativa de la Secretaría de Energía, se están desarrollando seis diseños de sistemas solares térmicos para igual número de hospitales.

Continuando con el sector hospitalario privado, se identificaron 79 hospitales⁹, que se encuentran registrados en la Dirección de Vigilancia del Marco Normativo de la Secretaría de Salud (SESAL), por lo que se procedió a realizar investigación mediante llamadas telefónicas y envío de correos electrónicos a cada uno a uno de estos establecimientos en donde se constató que existen hospitales que cuentan desde 2 camas hasta 74 camas, logrando recopilar un 42% de respuestas, las cuales suman un total de 534 camas. Al realizar un cálculo que asume que la distribución de camas en la muestra es representativa del total de hospitales, se estima un total de 1,271 camas para los 79 hospitales privados con lo cual se obtiene el siguiente cuadro:

Categoría	No. de camas	litros/cama	Total litros	m2 (80% ocupación)	MWh/año
Hospitales privados	1,271	55	69,905	559	431

Se suma la demanda de agua caliente del Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS), que ofrece cobertura de atención hospitalaria para sus afiliados directos y que cuenta con 1,104 camas censables entre niños y adultos, según los datos estadísticos publicados en 2023, con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Categoría	No. de camas	litros/cama	Total litros	m2 (80% ocupación)	MWh/año
IHSS	1,104	55	60,720	486	374

En los cálculos de este sector no se ha incluido el consumo de agua caliente en cocinas y áreas de lavandería, lo que incrementaría aún más el área de captación. Además, se ha excluido a otros centros de salud que también requieren agua caliente, pero que no cuentan con camas de internación.

⁹ Según el Boletín estadístico del Banco Central de Honduras, Honduras en cifras, 2019, existen 90 hospitales privados.

Restaurantes

En cualquier establecimiento donde se preparen alimentos, como restaurantes, bares y comedores, es fundamental garantizar un alto nivel de higiene. En algunos países se establece normativas rigurosas en este ámbito, las cuales contemplan, entre otros aspectos, la temperatura adecuada del agua caliente para asegurar la limpieza de áreas de trabajo, equipos, vajillas y utensilios, lo que disminuye el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos debido a bacterias. Estas regulaciones también abarcan el lavado de manos del personal y la limpieza de suelos con agua caliente, prácticas esenciales para la eliminación de patógenos y el mantenimiento de los estándares de seguridad alimentaria. En Honduras, se encuentran registrados aproximadamente 2,177 establecimientos en ARSA; sin embargo, este estudio no incluye una estimación del potencial en metros cuadrados de colectores solares.

4.3.4 Sector residencial

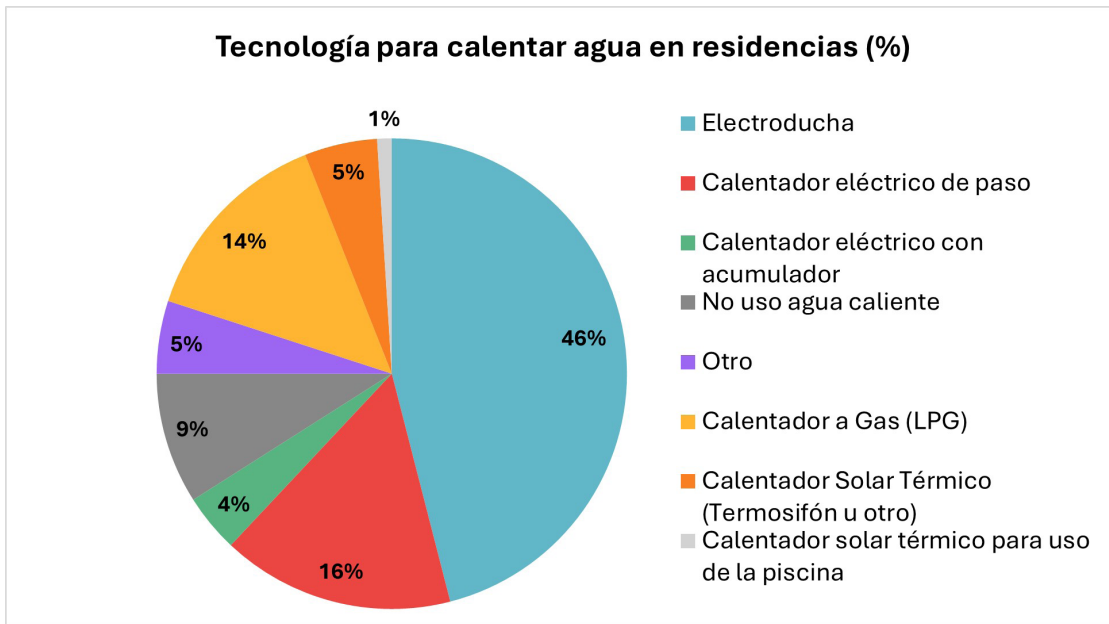
El consumo de electricidad en el sector residencial de Honduras, en función de los equipos utilizados, se detalla en la tabla 15, de acuerdo con el *Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones para Honduras, 2016*, GIZ. Se estima que el 15.88% del consumo eléctrico se destina a las duchas eléctricas y dispositivos para calentar agua¹⁰.

Equipo	Porcentaje de consumo eléctrico
Plancha Eléctrica	2.99
Bomba de Agua	1.77
Lavadora-Secadora	2.08
Calentador de Agua - Ducha	15.88
Televisión - Equipos Audio Visuales	6.84
Ventilador - Aire Acondicionado	1.43
Iluminación	17.17
Cocina	29.19
Refrigerador	22.65

Tabla 15. Consumo de electricidad en función de los equipos, sector residencial

En una muestra de 322 personas que participaron en una encuesta realizada en 2022, se recopiló información sobre las tecnologías utilizadas para el calentamiento de agua en sus residencias. Los resultados obtenidos proporcionan una visión representativa de las preferencias y prácticas en el uso de sistemas de calentamiento en el sector residencial, mostrados en la gráfica 8.

¹⁰ <https://www.andi.hn/wp-content/uploads/2016/08/MANUAL-DE-EFICIENCIA-ENERGETICA-EN-LA-CONSTRUCCION-DE-EDIFICACIONES-EN-HONDURAS.pdf>



Gráfica 8. Tecnología utilizada para calentar agua en las residencias

En ambos conjuntos de datos, se destaca el predominio del uso de electroducha, con un 46%: seguido del calentador eléctrico de paso, con un 16% y calentador eléctrico de agua con acumulador, con un 14%. En conjunto, estas tecnologías representan un 76% del total de usuarios que utilizan resistencia eléctrica para el calentamiento de agua sanitaria en residencias, lo que constituye una excelente oportunidad para la integración de los colectores solares tipo termosifón en este sector el cual podría consolidarse como una aplicación extendida en nuestro país.

Del documento "Resultado de la Encuesta Trimestral de Construcción de Obras Privadas Techadas", correspondiente al IV trimestre de 2023 y publicado por el Banco Central de Honduras (BCH), se desprende que el sector residencial continúa siendo el principal contribuyente al área total construida, con una participación del 70.2%, seguido del comercial con un 19,2% e industrial con un 6.7% lo que resalta su relevancia en el ámbito de la construcción. Este tipo de construcción ha mantenido un crecimiento sostenido a lo largo de los periodos evaluados por dicha entidad.

Según la Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples EPHPM, INE, 2023, los resultados estiman 2,562,2159 viviendas en país y en ellas se albergan 2,592,629, hogares con 9,745,149 personas, promediándose una relación de 3.8 por hogar respectivamente a nivel nacional. Del total de estas viviendas, el 58.7% se encuentran en el área urbana y 41.7 en el área rural, tabla 16.

No.	Departamento	Total	Urbano (%)	Rural (%)
1	Atlántida	143,549	71	29
2	Colón	94,354	52	48
3	Comayagua	151,918	50.4	49.6
4	Copán	114,643	44	56
5	Cortés	540,575	83.3	16.7
6	Choluteca	124,768	43	57
7	El Paraíso	124,128	35.3	64.7
8	Francisco Morazán	457,749	77.3	22.7
9	Gracias a Dios	19,306	43.7	56.3
10	Intibucá	66,991	33.4	66.6
11	Islas de la Bahía	22,226	70.7	29.3
12	La Paz	55,907	37.3	62.7
13	Lempira	88,712	10.6	89.4
14	Ocotepeque	48,291	27.8	72.2
15	Olancho	152,038	33.5	66.5
16	Santa Bárbara	133,037	38.4	61.9
17	Valle	50,989	42.9	57.1
18	Yoro	173,038	57.9	42.1
Total		2,562,219	58.3	41.7

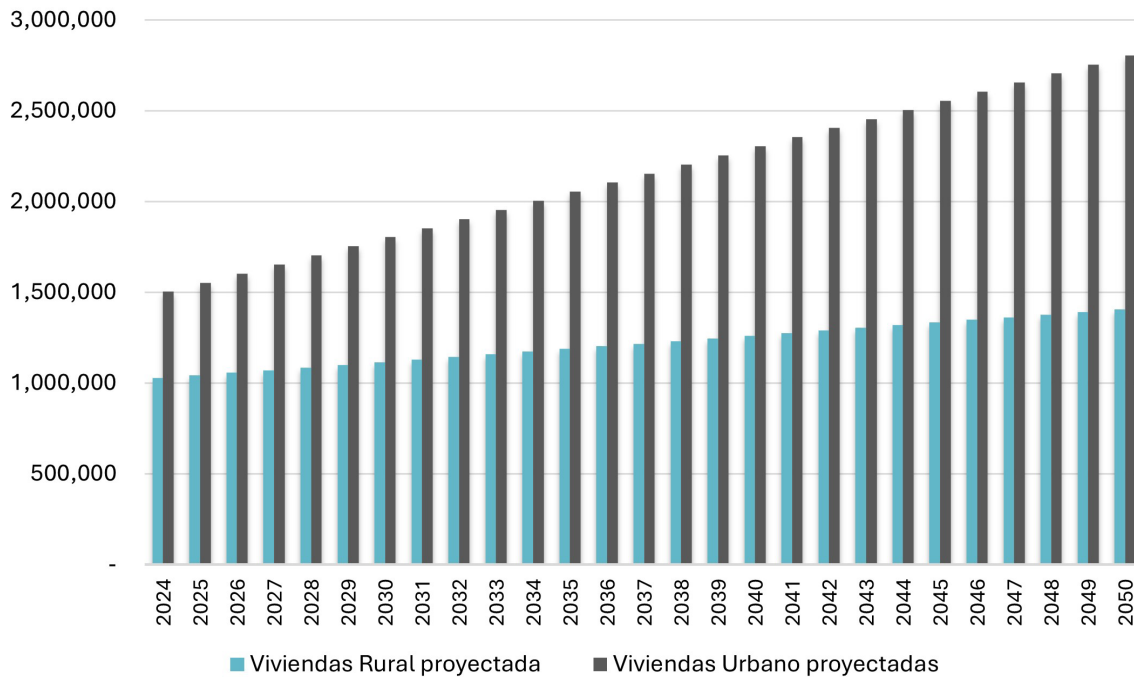
Tabla 16. Distribución de viviendas según departamento, INE, 2023

A partir de los datos consolidados de la EPHPM para los años 2019 y 2023, se estima que el número de viviendas ha registrado un crecimiento promedio anual del 19.2%. Para una visión más detallada, la Tabla 17 presenta la evolución del sector vivienda desde el año 2012 hasta el 2022.

Año	Total de viviendas	Viviendas Rurales	Viviendas Urbanas	Personas por hogar
2012	1786742	908559	878182	4.6
2013	1863291	947258	916034	4.5
2014	1898591	855152	1043439	4.4
2015	1913897	828055	1085842	4.4
2016	1972520	855108	1117412	4.4
2017	2037114	886154	1150960	4.3
2018	2128919	922703	1206216	4.1
2019	2188849	947482	1241366	4.1
2021	2295812	1003453	1292359	4
2022	2498816	1054966	1443850	3.9

Tabla 17. Número de viviendas por año, 2012 a 2022, INE

Puesto que las viviendas representan una excelente oportunidad para la instalación de colectores solares en el escenario actual, al proyectar el número de viviendas hasta 2050, según la Gráfica 19, se observa que las barras grises, que representan las viviendas urbanas, muestran un crecimiento considerable a lo largo del tiempo. Se estima que para 2050, el 66% de las viviendas estarán ubicadas en estas áreas.



Gráfica 9. Proyección del número de viviendas al 2050

Asimismo, el Informe Estadístico Anual del Subsector Eléctrico Nacional (IASEN, 2023) publicado por la Secretaría de Energía, indica que al final de diciembre de 2023 se registraron 1,994,968 clientes de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) en todos los sectores de consumo, según Tabla 18. El 92.35% pertenecen al sector residencial.

Sector	No. Clientes	Porcentaje
Residencial	1,842,349	92.35
Servicio Comunitario	289	0.01
Comercial	132,668	6.65
Industrial	1,227	0.06
Gobierno	13,402	0.67
Autónomo	2,847	0.14
Municipalidad	2,186	0.11

Tabla 18: Clientes por sector de consumo, IASEN 2023

De este valor el 3.49% de clientes registraron un consumo mensual de energía igual o superior a 500 kWh al mes, es decir, 64,297 abonados y el 5.89% registro un consumo entre 301 a 500 kWh, correspondiendo a 108,514 abonados.

Del 3.49% de los clientes que consumen 500 kWh o más, un 25.25 % de la energía total consumida en el sector residencial correspondió a este porcentaje.

Este estudio asume que, tres grupos dentro del sector residencial tienen la posibilidad de adquirir colectores solares, bajo un escenario conservador. Se incluye el 100% de los abonados con un consumo de 500 kWh o más, que representan 64,297 usuarios, y el 50% de aquellos con consumos entre 301 y 500 kWh, es decir, 54,257 usuarios, y únicamente el 10% del resto de los abonados que corresponde a 166,954 abonados, pueden adquirir la tecnología. En total suman 285,508 abonados. El resto de los abonados no ha sido considerado en este análisis debido a posibles limitaciones económicas para adquirir los equipos, restricciones en la estructura de sus techos y preferencias específicas, factores que influyen en la decisión de no adoptar la tecnología.

En el mercado mundial de colectores solares para aplicaciones residenciales es común encontrar modelos tipo termosifón, fabricados mediante un proceso estandarizado de diseño que suelen ser suministrados como unidades listas para su instalación, con una capacidad de 200 litros que suplente la demanda de agua caliente sanitaria para 4 personas en un hogar, por lo que se estima que las 285,508 residencias utilizarían la tecnología, correspondiendo a 571,016 m² de superficie requerida para la captación de la radiación solar, utilizando la metodología mencionada con anterioridad, con la estimación $V/A=100$ y 439,682kWh.

4.4 Resumen del potencial de Energía Solar Térmica y Kg CO2 reducidos.

A continuación, se presenta un resumen de los distintos sectores evaluados con potencial para la instalación de colectores solares, lo cual abarca un área total de 1,115,089 m². La implementación de esta solución de energía renovable para la producción de agua caliente permitiría desplazar 389,413 Ton de CO2 anuales.

Sector	área (m2)	Energía (kWh)	Kg CO2 reducidos
Sector industrial			
Búnker o fuel oil	456,647	351,619	98,102
GLP	64,771	49,874	11,321
Industria láctea (Artesanal)	4,218	3,248	1,989
Hoteles	14,940	11,504	7,046
Hospitales			
Públicos	2,452	1,888	1,156
Privados	559	430	264
IHSS	486	374	229
Residencial	571,016	439,682	269,305
Total	1,115,089	858,619	389,413

Tabla 19: Resumen del potencial de Energía Solar Térmica y Kg CO2 reducidos

Se toma los factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en industrias manufactureras y de construcción de las Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

- Gas Licuado de Petróleo: 63,100 kg CO₂/TJ
- Fuel Oil o Bunker: 77,400 kg CO₂/ TJ

El factor utilizado para el cálculo de energía eléctrica es de 0.6125 kg CO₂/kWh de acuerdo con línea base estandarizada, factor de emisión de la red eléctrica de Honduras, UNFCCC, 2019.

Suponiendo que en los sectores hotelero, hospitalario y residencial se sustituyen únicamente el 50% de los equipos eléctricos utilizados para calentar agua, y considerando una eficiencia del 90% en la conversión, se lograría un ahorro anual de 10,258 MWh, 2,393 MWh y 390,828 MWh respectivamente. Estos resultados evidencian ahorros significativos, incluso bajo escenarios conservadores de adopción tecnológica.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones



Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras

2023

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

1. Limitada adopción de la energía solar térmica en un país con alto potencial solar

El alto potencial solar de Honduras, con una irradiación global horizontal (GHI) media de 5.27 kWh/m², representa una oportunidad significativa para el desarrollo de la energía solar térmica. No obstante, el aprovechamiento de esta tecnología ha sido limitado, ya que el enfoque predominante en el país ha sido hacia la energía solar fotovoltaica. La mayoría de las empresas instaladoras de sistemas solares en Honduras se especializan en esta última, evidenciando un menor dominio de la tecnología solar térmica, a pesar de que esta ofrece un mayor rendimiento por metro cuadrado en la conversión energética.

2. Interés y potencial de la energía solar térmica en sectores estratégicos

Resalta el impacto positivo que podría generarse con la instalación de colectores solares en diversas industrias, como la textil, de alimentos y bebidas, así como en sectores como el lácteo, hotelero y hospitalario, de acuerdo con los resultados obtenidos. Todas las empresas consultadas manifestaron interés en profundizar su conocimiento sobre la energía solar térmica, especialmente los sectores hotelero e industrial, donde el 90% expresó interés en esta alternativa energética.

En los sectores hospitalario y hotelero la mayoría utiliza calentadores y duchas eléctricas lo que representa una excelente oportunidad para reemplazar estos sistemas por colectores solares y generar beneficios directos mediante la reducción de costos operativos.

3. Necesidad de fortalecer las políticas públicas

El estudio subraya la importancia de continuar fortaleciendo las políticas públicas dirigidas a fomentar la energía solar térmica en Honduras. Aunque ya existen incentivos fiscales, un reglamento específico para instalaciones solares térmicas que próximamente será publicado y normativas asociadas a esta tecnología, se requiere un mayor apoyo gubernamental para acelerar su adopción en sectores clave con alta demanda de agua caliente. Lo anterior se deriva al considerable desconocimiento que aún persiste sobre esta tecnología.

4. Satisfacción y ahorro con tecnología solar térmica

La mayoría de los usuarios que han implementado la tecnología solar térmica en Honduras, manifestaron su satisfacción con el desempeño de los equipos, resaltando la reducción de costos operativos. Este potencial se ve reforzado por el hecho de que se trata de una tecnología madura y probada a nivel global.

5. Superación de barreras técnicas mediante la capacitación continua

El estudio resalta que una de las principales barreras para el desarrollo de la energía solar térmica en Honduras, identificada a través de entrevistas con los usuarios, es la falta de empresas instaladoras y personal técnico capacitado, evidenciada por algunas inconformidades relacionadas con la limitada y tardía respuesta para solucionar problemas técnicos de los sistemas solares ya instalados. Para superar este obstáculo, se recomienda la implementación de un programa de capacitación continua dirigido específicamente a técnicos y empresas locales. Aunque los diplomados y cursos promovidos por la SEN, con el apoyo de organismos internacionales en 2022 y 2023, representan un avance, aún resultan insuficientes, ya que los profesionales capacitados no están directamente vinculados a las empresas dedicadas a las instalaciones solares térmicas. Por ello, es necesario que estos programas sean continuos para lograr resultados tangibles a mediano plazo.

6. Programas de financiamiento para impulsar la adopción de la tecnología

Se recomienda que Honduras implemente un programa de financiamiento para incentivar la adopción de colectores solares, tomando como referencia los casos exitosos de México, Brasil, Chile, entre otros países. Este programa estaría orientado a los distintos sectores que utilizan agua caliente, facilitando el acceso a créditos verdes y respaldado por instituciones internacionales de cooperación. Dicha recomendación se alinea con la Ley para el Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE), Decreto No. 36-2024, que promueve las tecnologías renovables y el financiamiento a través del Fondo para el Uso Racional y Eficiente de la Energía (FUREE).

7. Sensibilización sobre los beneficios de la tecnología solar térmica en sectores claves

Para fomentar la adopción de la tecnología solar térmica en Honduras, es necesario sensibilizar a la población sobre sus beneficios económicos y su aporte a la sostenibilidad ambiental. En sectores como el hotelero, que hace uso del 80% de equipos para calentar agua a través de dispositivos eléctricos, la implementación de colectores solares puede reducir costos operativos, mientras que en la industria, el uso de esta tecnología para el precalentamiento de agua disminuiría el consumo de GLP y Fuel oil o Bunker ayudaría a cumplir los compromisos ambientales del país y reducción de costos.

BILBIOGRAFÍA

1. Análisis del Potencial de Desarrollo del Mercado de Calentadores Solares de Agua en Panamá, TERMOSOLAR PANAMA.
2. Solar Heat for Industrial Processes, IEA-ETSAP and IRENA© Technology Brief E21-2015
3. Solar Pay back, <https://www.solar-payback.com/mexico-industrial-solar-heat-strategy/?lang=es>
4. Hoja de Ruta de Energía Renovable para Centroamérica: Hacia una Transición Energética Regional, IRENA, 2022.
5. El Informe Estadístico Anual del Subsector Eléctrico Nacional (IEASEN) 2023.
6. Balance Energético Nacional, SEN, 2023.
7. Solar resource maps & GIS data, SolarGIS, 2021.
8. Resultado de la encuesta trimestral de construcción de obras privadas techadas IV trimestre 2023.
9. Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones para Honduras, GIZ, 2016.
10. Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples EPHPM, INE, 2023.
11. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, volume 2, 2006.
12. Solar Heat for Industrial Processes Technology Brief, IRENA, 2015.
13. Energía Solar Térmica para Procesos Industriales en México, Estudio base de mercado, 2018.
14. Evaluación del Potencial de Energía Solar Térmica y Fotovoltaica Derivado del Cumplimiento del Código Técnico de Edificación, 2011.
15. Fotografías tomadas en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y recursos web.



HONDURAS

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

