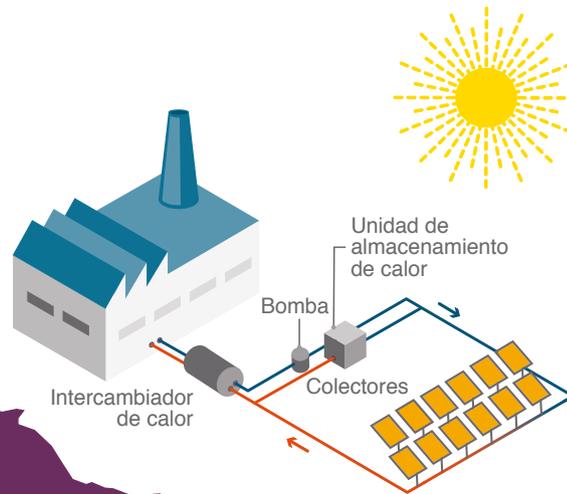


# MÉXICO:

## Calor Solar para la Industria

Estrategia para la instalación de 1.8 millones de m<sup>2</sup> de colectores solares en cuatro industrias: alimentaria, química, pulpa y papel y minera



**Mitigación** de 374 mil toneladas de emisiones de carbono

**Creación** de 4,200 nuevos empleos en el sector solar térmico anualmente\*

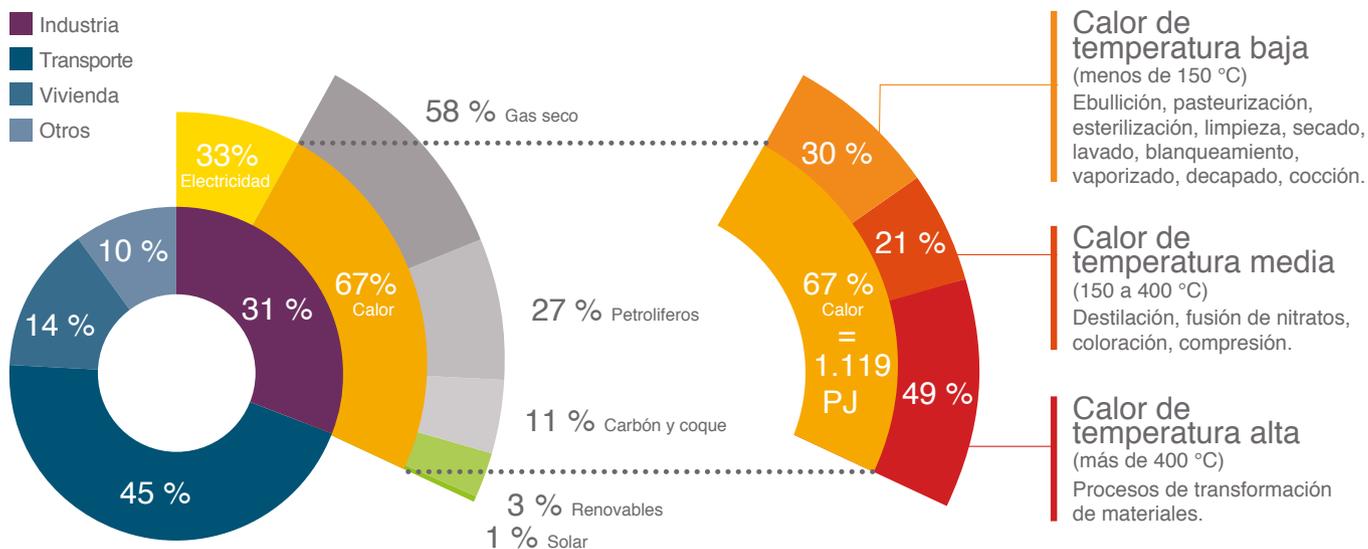
**Generación** de inversión privada de 12.7 billones de pesos

**Duplicación** del volumen anual del mercado solar térmico

Calor solar es el suministro de energía para el calentamiento de agua, aire o generación de vapor a través de colectores solares térmicos. El calor solar para procesos industriales se abrevia SHIP en inglés: **Solar Heat for Industrial Processes.**

\* Según el estudio de Solar Heat Worldwide 2020, se requiere un puesto de trabajo de tiempo completo por cada 87 m<sup>2</sup> a instalar anualmente.

# La descarbonización de la industria mexicana es posible con tecnologías de calentamiento solar



Fuente: datos de SENER 2017 / IRENA, 2016 (Deger Saygin)

La creciente demanda de calor industrial genera un aumento en las emisiones de carbono dado que se cubre primordialmente con combustibles fósiles como el gas, el combustóleo y el diésel. Las tecnologías de calentamiento solar son el sustituto ideal ya que cumplen la misma función sin contaminar el medio ambiente y reduciendo costos de energía.

**Desarrollo acelerado** del mercado de calor solar industrial (hasta 150 °C) en todo el mundo.

**125**  
SISTEMAS SHIP  
A FINALES DE 2012

**>817**

SISTEMAS SHIP A FINALES DE 2019



86 SISTEMAS SHIP NUEVOS EN EL MUNDO EQUIVALENTES A 251 MW

26 SISTEMAS SHIP NUEVOS EN MÉXICO LO POSICIONARON COMO LÍDER DEL MERCADO MUNDIAL

Fuente: encuestas de Solar Payback 2017, 2018, 2019 y 2020

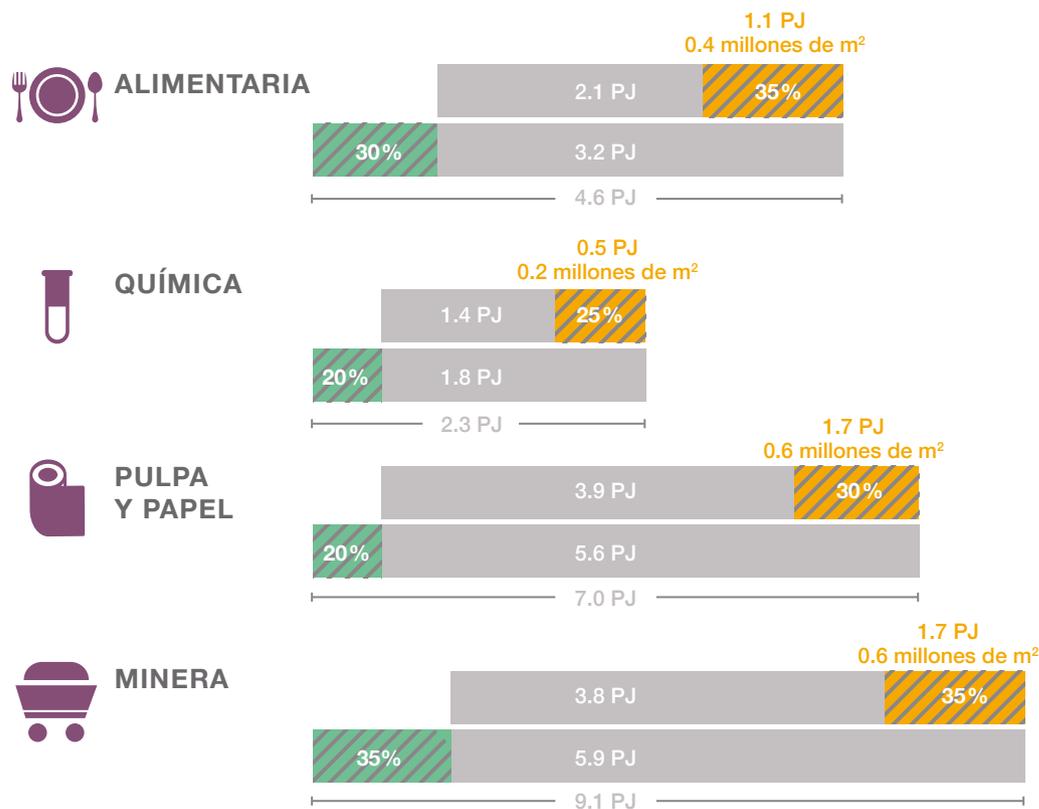
# Mayor competitividad en sectores industriales clave

Empresas de industrias como la alimentaria, química, pulpa y papel y minera son usuarios potenciales del calor solar industrial.

INDUSTRIA	PIB SECTORIAL EN 2018 (MILLONES DE PESOS A PRECIOS CORRIENTES)	CONTRIBUCIÓN AL PIB NACIONAL	DEMANDA DE CALOR CUBIERTA CON COMBUSTIBLES FÓSILES (MENOR A 150 °C)
ALIMENTARIA (sin azúcar)	1,013,400	4%	4.6 PJ
QUÍMICA	369,489	2%	2.3 PJ
PULPA Y PAPEL	72,648	0.3%	7.0 PJ
MINERA (de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas)	264,998	1%	9.1 PJ

Fuente: INEGI: Sistema de Cuentas Nacionales de México, SENER: Balance Nacional de Energía 2017

## Seguridad energética y reducción de costos con 1.8 millones de m<sup>2</sup> de colectores solares



Área de colectores

Gas LP, diésel, combustóleo

Calor basado en combustibles fósiles (en PJ) a temperaturas inferiores a 150 °C.  
Fuente: SENER 2016

Eficiencia energética

El potencial de la recuperación del calor residual en la industria oscila entre el 20% y el 30%. Antes de diseñar un sistema SHIP óptimo se requiere analizar las corrientes de energía residual y las pérdidas de calor. Fuente: IRENA (Deger Saygin)

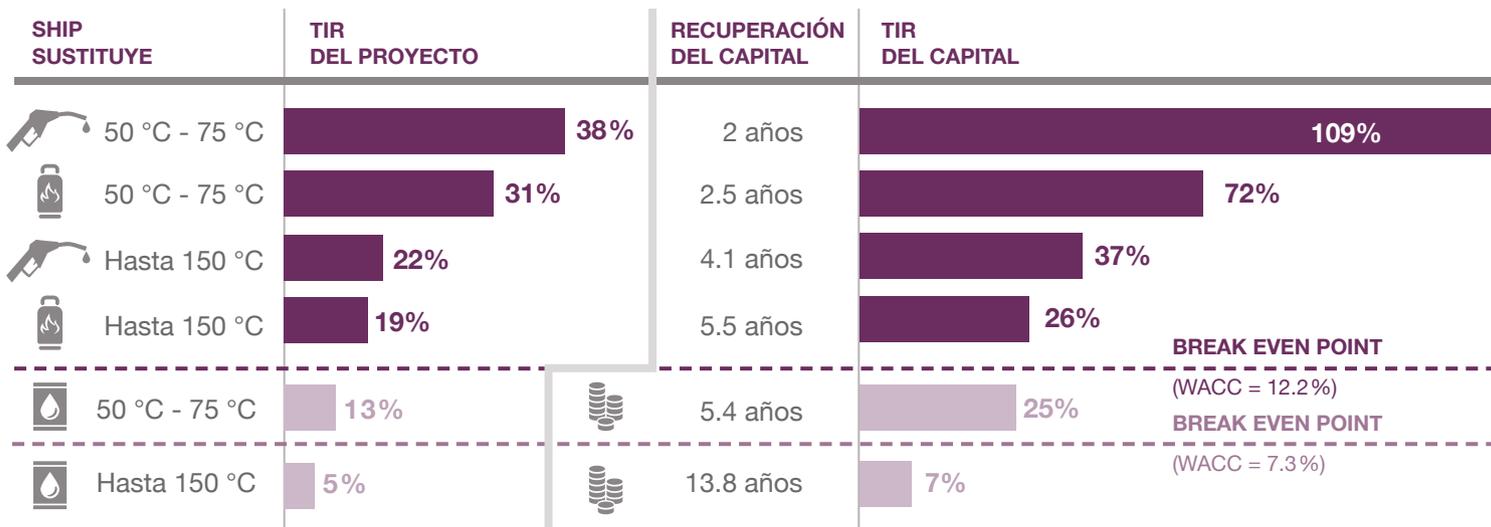
Fracción solar o potencial técnico

Los sistemas SHIP pueden generar entre el 25% y el 35% de la demanda restante de calor después de la recuperación de calor residual. La fracción solar está restringida por el espacio disponible para el campo solar, por la hora del día en que se requiere la energía (mañana o tarde) y por la escasa o nula radiación solar. Fuente: AEE INTEC / Universidad de Kassel 2018.

Este porcentaje considera un área de colector de 1,000 m<sup>2</sup> que produce 812 MWh en promedio en México y reemplaza 0.0029 PJ de combustibles fósiles. Fuente: Solar Payback Tool.

# La competitividad del calor solar industrial depende del precio del combustible fósil a sustituir

En general, el calor solar es competitivo cuando se sustituye gas LP y diésel. En el caso del combustóleo se requiere de líneas de crédito concesionales.



## LA TIR DE UN PROYECTO DEPENDE EN GRAN PARTE DE ...



... **EL PRECIO DEL COMBUSTIBLE** que varía en cada Estado de la República. La tabla de la derecha muestra los precios mínimos y máximos, así como el valor promedio utilizado como base para evaluar la rentabilidad.



... **EL NIVEL DE RADIACIÓN SOLAR** que es más alto en el norte (2.4 MWh por m<sup>2</sup> y año) que en el sur (1.4 MWh por m<sup>2</sup> y año).



COMBUSTIBLE	PRECIO MÍNIMO Y MÁXIMO (2019)	PRECIO PROMEDIO
	664 a 815 pesos	740 pesos /MWh
	1,332 a 1,620 pesos	1,476 pesos /MWh
	1,539 a 1,882 pesos	1,711 pesos /MWh

Fuente: Comisión Reguladora de Energía

A pesar de la atractiva rentabilidad de los sistemas SHIP en México es necesario implementar acciones que fomenten un mayor despliegue de la tecnología.

## ACCIONES SUGERIDAS



Utilizar gas LP (1,476 pesos) y diésel (1,711 pesos) para producir 1 MWh con fines industriales es, en promedio, doblemente más caro que utilizar combustóleo (740 pesos). En general, el calor solar es competitivo cuando se sustituye gas LP y diésel. En estos casos se alcanzan las TIR más altas incluso sin apoyo financiero. Sin embargo es necesario sensibilizar al sector industrial sobre las ventajas de los proyectos SHIP mediante campañas de difusión, así como implementar mecanismos de venta de energía.



En proyectos SHIP que sustituyen combustóleo de 50 °C a 75 °C el tiempo de recuperación del capital se reduce de 11 a 5.4 años con una tasa de interés de 4% (WACC = 7.3%). En el caso de proyectos SHIP que sustituyen combustóleo a 150 °C el tiempo de recuperación del capital es menor a 20 años.



Fuente: Energetic Solutions

## RENTABILIDAD

- **LA TIR DEL PROYECTO** es la tasa de rendimiento que se espera que genere la inversión durante 20 años. La inversión es rentable si la TIR es más alta que el **WACC** (costo promedio ponderado del capital social y de la deuda), es decir, cuando la tasa de rendimiento neta excede los costos de financiamiento.
- **EL PERÍODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL** es el tiempo necesario para recuperar el capital en un proyecto a través de los ahorros anuales netos (incluido el reembolso de la deuda).

## CIFRAS CLAVE PARA EL CÁLCULO DE TIR DINÁMICO EN EL CASO DE LA LÍNEA DE BASE

Duración del proyecto	20 años
Tamaño del campo solar	1,000 m <sup>2</sup>
Inversión del sistema SHIP (de 50 °C a 75 °C) incluyendo instalación	5.2 millones de pesos
Inversión del sistema SHIP (hasta 150 °C) incluyendo instalación	8.4 millones de pesos
Tasa de interés efectiva sobre préstamos	10.6%
Rendimiento esperado del capital	15%
Relación préstamo-capital	70 : 30
Incremento anual en el precio de los combustibles en 10 años*	3.5%
Incremento anual en el precio de los combustibles a partir del onceavo año*	2.0% p.a.

\*con base en la tasa de inflación compuesta de largo plazo en México

# Resumen

## CUATRO RAZONES A FAVOR DEL CALOR SOLAR



**REDUCE**  
emisiones de gas efecto invernadero en el sector industrial



**APROVECHA**  
tres veces más la energía solar que la fotovoltaica



**INCREMENTA**  
la competitividad de sectores industriales clave



**REEMPLAZA**  
combustibles importados creando empleos locales

## POTENCIAL DE DESCARBONIZACIÓN

- La creciente demanda de calor industrial incrementa las emisiones de carbono.
- La energía solar es una fuente de energía libre de emisiones con precios constantes de kilovatios-hora durante al menos 20 años.
- Cada vez hay más sistemas SHIP que generan energía de hasta 150 °C. México fue líder de mercado a nivel mundial en 2019 con 26 sistemas SHIP instalados.
- Los sistemas SHIP pueden cubrir del 20% al 35% de la demanda de calor industrial después de utilizar el potencial de recuperación de calor residual.
- La viabilidad económica de los sistemas SHIP es mayor cuando se sustituyen combustibles fósiles costosos como el gas LP, el diésel o el combustóleo.

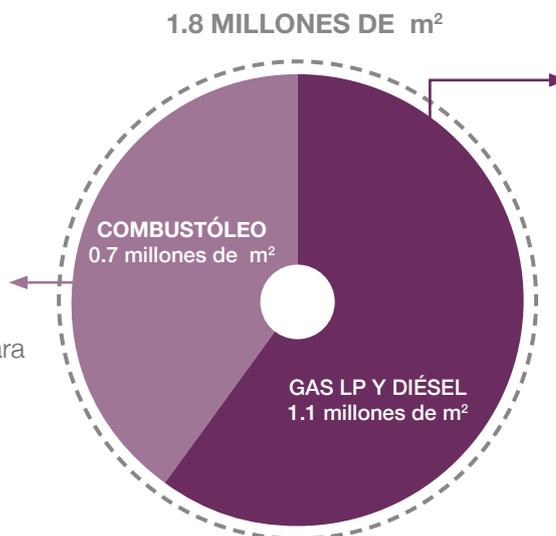
## Se necesitan tres acciones clave para implementar la estrategia de calor solar industrial

 Rentabilidad incluso sin financiamiento (WACC = 12.2%)

 Rentabilidad con financiamiento (WACC = 7.3%)



**PROPORCIONAR PRÉSTAMOS A BAJO INTERÉS** con el apoyo de financiamiento internacional para empresas que utilizan gas natural o combustóleo.



**SENSIBILIZAR** a los industriales acerca de la eficiencia y competitividad de los sistemas SHIP especialmente en comparación con el gas LP y el diésel.



**IMPLEMENTAR NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO** como la venta de energía a través de un fondo de inversión que funja también como administrador del sistema SHIP. Esto daría mayor flexibilidad y certeza a los clientes industriales.

# Los sistemas SHIP son rentables en el rango de temperatura de 50 °C a 75 °C especialmente cuando se sustituye gas LP

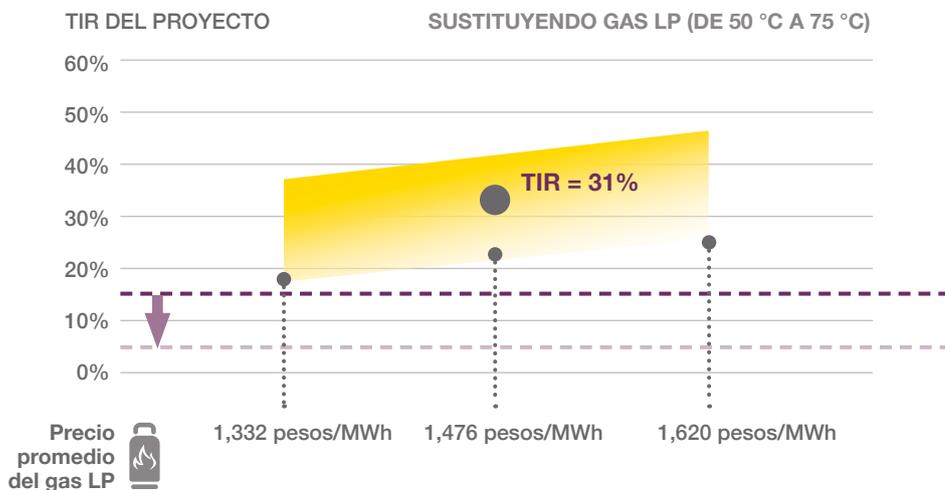
En México existen fabricantes nacionales de colectores planos y de concentración solar que suministran energía térmica para procesos industriales.



Los colectores planos son óptimos para temperaturas de entre 50 °C y 75 °C



Los colectores cilíndrico parabólicos son óptimos para temperaturas de 100 °C a 150 °C



Fuente: Energetic Solutions

**PUNTO DE EQUILIBRIO** en el que la TIR del proyecto es igual al WACC (12.2%) con tasas de interés de préstamos comerciales

**PUNTO DE EQUILIBRIO** en el que la TIR del proyecto coincide con el WACC (7,3%) a las tasas de interés típicas de la financiación concesional (4%)

Baja irradiación (rendimiento solar de 578 kWh/m<sup>2</sup>a)

Radiación media (rendimiento solar de 785 kWh/m<sup>2</sup>a)

Alta irradiación (rendimiento solar de 992 kWh/m<sup>2</sup>a)

Muestra el posible rango de la TIR del proyecto según el precio del combustible y la irradiación.

Financiamiento concesional

TIR del proyecto con una irradiación media y un precio promedio del combustible

El financiamiento concesional con una tasa de interés efectiva del 4% hace que el WACC baje al 7.3%, de modo que más sistemas SHIP con precios más bajos de combustible y menores niveles de irradiación sean rentables. Todos los cálculos de viabilidad económica consideran los costos del ciclo de vida del sistema, incluyendo la operación y el mantenimiento.



Sistema SHIP con colectores planos  
Foto: Módulo Solar



Sistema SHIP con colectores cilíndrico-parabólicos  
Foto: Inventive Power

# Nuevos modelos de negocio

Si bien existen diferentes esquemas de financiamiento para la adquisición de sistemas SHIP, muchos de ellos carecen de los elementos clave para detonar la adquisición de los sistemas. La siguiente tabla resume las características de los esquemas existentes.

\* empresas financieras que usan las nuevas tecnologías de la información, las aplicaciones móviles o el big data, para prestar servicios financieros. La palabra se deriva de los términos finance y technology en inglés (finanzas y tecnología)

TIPO DE INSTRUMENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>CRÉDITO DE LA BANCA COMERCIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura nacional</li> <li>• Balance general fuerte</li> <li>• Confianza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasas de interés elevadas</li> <li>• Plazos cortos</li> <li>• Sectores restringidos</li> <li>• No funge como administrador del activo</li> </ul>
<b>INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE EMPRESAS DE FINTECH*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidez en la valoración del proceso crediticio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazos cortos</li> <li>• Tasas de interés elevadas</li> <li>• No funge como administrador del activo</li> </ul>
<b>SUBSIDIOS DEL GOBIERNO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasas de interés competitivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Burocracia para solicitar subvenciones</li> <li>• No funge como administrador del activo</li> </ul>

Un nuevo modelo de negocio es la **venta de energía** en colaboración con un fondo de inversión que además funge como administrador del activo, el sistema SHIP. Esta figura aumenta la certidumbre, reduce a cero la inversión del cliente industrial y genera ahorros de hasta un 30% de los costos de combustible.

## CLIENTE INDUSTRIAL

- Paga mensualmente una renta fija durante un plazo de hasta 10 años que incluye la operación y el mantenimiento preventivo del sistema SHIP, así como un seguro contra desastres naturales.\*
- Al terminar el plazo de arrendamiento adquiere la propiedad del sistema SHIP por un monto aproximado de un 5% del costo total del equipo.

\* el sistema SHIP tiene una vida útil de hasta 20 años y los proveedores SHIP otorgan hasta 10 años de garantía.

## FONDO DE INVERSIÓN / ADMINISTRADOR DEL ACTIVO

- Elige al proveedor del sistema SHIP.
- Realiza el análisis de crédito y riesgo del cliente industrial.
- Lleva a cabo el proceso de cobranza.
- Funge como un administrador del sistema SHIP.
- Asegura un correcto funcionamiento del sistema SHIP y el suministro de energía acordado contractualmente.
- Supervisa la operación y el mantenimiento preventivo del sistema SHIP.
- Ofrece un seguro contra desastres naturales al cliente industrial.

## PROVEEDOR DEL SISTEMA SHIP

- Diseña el sistema SHIP y se lo vende al fondo de inversión.
- Firma un contrato con el fondo de inversión sobre el rendimiento del sistema SHIP para garantizar el suministro de energía.
- Instala, pone en marcha y da el mantenimiento preventivo al sistema SHIP.
- Si es necesario implementa medidas para garantizar el suministro de energía acordado contractualmente con el fondo de inversión.

# MÉXICO:

## Calor Solar para la Industria

### Información general del proyecto:

[www.solar-payback.com](http://www.solar-payback.com)

### Contacto:

[info@solar-payback.com](mailto:info@solar-payback.com)

[oropeza@solrico.com](mailto:oropeza@solrico.com)

### Coordinador:



[www.solarwirtschaft.de/en](http://www.solarwirtschaft.de/en)

### Editor:



[www.solrico.com](http://www.solrico.com)

### Consultor:



[linkedin.com/in/jan-w-bleyl-5585a685](https://www.linkedin.com/in/jan-w-bleyl-5585a685)

### Apoyado por:



Ministerio Federal  
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,  
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del  
Parlamento de la República Federal de Alemania

### Socios locales:



Asociación Nacional de Energía Solar

[www.anes.org](http://www.anes.org)



AHK

Deutsch-Mexikanische  
Industrie- und Handelskammer  
Cámara Mexicano-Alemana  
de Comercio e Industria | CAMEXA

[www.mexiko.ahk.de](http://www.mexiko.ahk.de)