

GUÍAS

Guía de
Energía Solar
Térmica para
Procesos
Industriales

033



www.idae.es



INSTITUTO DE LA
CONSTRUCCION
DE CASTILLA Y LEON



AUTOR:

Esta guía ha sido redactada por el Instituto de la Construcción de Castilla y León (ICCL) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el propósito de promocionar la utilización de la Energía Solar Térmica en el ámbito de los procesos industriales.

REVISIÓN TÉCNICA

Departamento Solar y Autoconsumo de IDAE
Comité Técnico de ASIT

Esta Guía no habría sido posible sin la colaboración de las empresas que han facilitado información y puesto su experiencia a disposición de esta publicación para la elaboración de los ejemplos y casos de éxito que se incluyen

La elaboración de este documento ha sido promovida por el IDAE. Aunque IDAE ha supervisado la realización de los trabajos y ha aportado sus conocimientos y experiencia para su elaboración, el contenido de la misma no representa necesariamente la opinión del IDAE sobre los temas que en ella se tratan.

Guía IDAE 033: Guía de Energía Solar Térmica para Procesos Industriales (edición v1.0)

Madrid, octubre de 2022

NIPO: 665-22-023-X

ÍNDICE

1	Resumen ejecutivo	11
1.1.	Objetivos.....	11
1.2.	Análisis tecnológico.....	12
1.3.	Integración de energía solar térmica.....	12
1.4.	Consumo de energía térmica y potencial solar.....	13
1.5.	Identificación de barreras	14
1.6.	Análisis del estado actual	17
1.7.	Propuestas de desarrollo	17
1.8.	Casos de estudio y ejemplos de instalaciones	18
1.9.	Simulador de viabilidad de instalaciones.....	20
2	Análisis tecnológico	23
2.1.	Tecnología solar térmica disponible.....	23
2.1.1.	Introducción	23
2.1.2.	El recurso solar	25
2.1.3.	Tecnologías de captación solar	28
2.1.4.	Sistemas de acumulación solar	33
2.2.	Indicadores clave de la tecnología solar térmica.....	37
2.2.1.	Área total y área de apertura	37
2.2.2.	Rendimiento instantáneo	39
2.2.3.	Rendimiento anual y contribución solar.....	41
2.3.	Criterios para el cálculo de la producción y dimensionado de la instalación solar.....	43
2.4.	Redes de calor y frío con solar térmica. comunidades energéticas.....	44
3	Integración de la tecnología solar térmica en la industria	46
3.1.	Procesos térmicos en la industria	47
3.1.1.	Niveles de temperatura en procesos	48
3.1.2.	Principales procesos y aplicaciones.....	49
3.1.3.	Caracterización de la demanda para incorporar energía solar térmica.....	51
3.1.4.	Acoplamiento en los sistemas de generación de calor	55
3.2.	Diseño de las instalaciones solares térmicas para industrias	58

4	Consumo de energía térmica y potencial solar	63
4.1.	Consumo mundial de calor	63
4.2.	Potencial solar térmico en el mundo	64
4.3.	Consumo y potencial en europa	66
4.4.	Consumo y potencial en españa	66
4.4.1.	Consumo de energía térmica en la industria	66
4.4.2.	Demanda de energía por sectores	71
4.4.3.	Potencial de las instalaciones solares térmicas.....	72
5	Identificación de barreras	77
5.1.	Rentabilidad económica.....	77
5.1.1.	Costes de inversión.....	78
5.1.2.	Viabilidad económica	80
5.1.3.	Escasa implementación de las eses.....	81
5.2.	Huella de carbono y ciclo de vida	82
5.3.	Desconocimiento de la tecnología solar térmica.....	83
5.3.1.	Sector industrial que demanda calor	84
5.3.2.	Auditorías energéticas en las industrias.....	85
5.3.3.	Empresas que ofrecen soluciones energéticas.....	86
5.3.4.	Formación	86
5.4.	Disponibilidad de emplazamientos.....	88
5.5.	Regulación y normativa.....	88
6	Análisis del estado actual.....	92
6.1.	Proyectos e instalaciones existentes.....	92
6.1.1.	Instalaciones solares en industrias a nivel internacional	93
6.1.2.	Instalaciones solares en industrias de españa	95
6.1.3.	Proyectos de desarrollo tecnológico.....	99
6.2.	Marco estratégico actual	101
6.2.1.	Plan nacional integrado de energía y clima	102
6.2.2.	Plan de recuperación, transformación y resiliencia.....	106
6.2.3.	Programas de ayudas	107
6.3.	Punto de vista de los agentes que intervienen en el sector	110
6.3.1.	Administración pública	110
6.3.2.	Empresas del sector solar térmico	111

6.3.3. Empresas e industriales	113
7 Propuestas de desarrollo	118
7.1. Soluciones de futuro (2050)	118
7.2. Propuestas a largo plazo (2030)	120
7.3. Medidas más inmediatas (2024)	122
8 Casos de estudio y ejemplos de instalaciones.....	126
8.1. Índice de fichas	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de informe de cálculo de instalación solar térmica	21
Figura 2: Radiación solar directa y difusa	26
Figura 3. Mapa de Irradiancia Global Media (AEMET. Atlas de Radiación Solar en España).	26
Figura 4: Relación entre la radiación global disponible sobre la apertura de un captador estacionario con una determinada inclinación sobre la horizontal y una determinada orientación y la radiación máxima posible.....	28
Figura 5: Reparto de la irradiancia global media diaria sobre una superficie horizontal entre radiación difusa y directa, para distintas localidades en España (AEMET. Atlas de Radiación Solar en España).....	28
Figura 6: Captadores solares estacionarios	30
Figura 7: Concentrador cilindro parabólico.....	32
Figura 8: Concentrador Fresnel	32
Figura 9: Captador solar fijo con concentrador externo acoplado: 2 espejos planos con seguimiento	33
Figura 10: Captador solar fijo con concentrador externo acoplado: 1 espejo plano con seguimiento	33
Figura 11: Tipologías de acumuladores solares presurizados.....	35
Figura 12: Acumulación solar para grandes volúmenes de acumulación a presión atmosférica	36
Figura 13: Comparativa entre los costes unitarios de inversión entre la acumulación eléctrica y la acumulación en forma de calor.....	36
Figura 14: Área de apertura captador plano	37
Figura 15: Área apertura tubos de vacío	37
Figura 16: Área apertura tubos de vacío con reflector trasero.....	37
Figura 17: Área de apertura de un cilindro parabólico	38
Figura 18: Área de apertura de un concentrador lineal Fresnel	38
Figura 19: Área de apertura de un TC-FTC con 2 espejos	38
Figura 20: Área de apertura de un TC-FTC con 2 espejos	38
Figura 21: Área que ilumina el absorbente para un ángulo de incidencia θ , proyectada sobre el plano que define el área de apertura.....	39

Figura 22: Rendimiento instantáneo, referido a la radiación global, de las tecnologías consideradas para un ángulo de incidencia nulo	40
Figura 23: K_{tetaPar} para captadores estacionarios	41
Figura 24: K_{tetaPar} normalizado para captadores con seguimiento	41
Figura 25: Rendimiento y cobertura solar anual	42
Figura 26: Distribución del calor a los diversos procesos.....	47
Figura 27: Ejemplo de reparto de calor a diversos procesos	48
Figura 28 Posibilidades para la integración solar en el proceso (AEE INTEC, 2012)	52
Figura 29: Esquema de principio tipo para calor de procesos con solar. Conexión en serie..	53
Figura 30 Esquema de principio tipo para calor de procesos con solar: Conexión en paralelo.....	53
Figura 31 Hibridación con sistemas de recuperación de calor.....	53
Figura 32: Esquema para la producción de frío para un proceso industrial	54
Figura 33: Ejemplo de proceso industrial de producción de vapor	55
Figura 34: Opciones de acoplamiento solar en los procesos industriales	56
Figura 35; Acoplamiento en serie: Solar para el precalentamiento del retorno del proceso (Calentamiento indirecto con intercambiador externo) http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER	56
Figura 36: Acoplamiento en serie: Solar para el precalentamiento del retorno del proceso (Calentamiento indirecto con intercambiador interno) http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER	57
Figura 37: Acoplamiento en paralelo: Solar para la producción directa de vapor ($T < 100^{\circ}\text{C}$) para el proceso http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER	57
Figura 38: Acoplamiento en paralelo: Solar para la producción indirecta de vapor ($T > 100^{\circ}\text{C}$) para el proceso http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER	57
Figura 39: Demanda de calor de procesos en la industria mundial	64
Figura 40: Previsión de evolución de la demanda de calor mundial.....	64
Figura 41: Demanda de energía final en la industria en España	68
Figura 42: Tasas de variación interanual del Valor Añadido Bruto Industrial.....	68
Figura 43: Evolución real de los consumos de energía por sectores en 2019 y evolución desde 2007	69

Figura 44: Distribución por subsectores del potencial de la energía solar térmica de baja temperatura (en porcentaje) para los dos sectores industriales analizados con mayor potencial	74
Figura 45: Distribución de las plantas solares térmicas en industria registradas en el marco de la Tarea 49 de la IEA	93
Figura 46: Principales sectores industriales por el número de plantas de energía solar térmica instalados	94
Figura 48: Instalación para fábrica de automóviles en Valladolid	96
Figura 49: Instalación para fábrica de automóviles en Ávila.....	96
Figura 50: Instalación para envasadora de aceitunas en Sevilla	97
Figura 51: Instalaciones para lavado de cisternas.....	97
Figura 52: Ejemplos de resultados de la monitorización del funcionamiento de instalación industrial	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencial de aplicación técnico-económico de la energía solar térmica	14
Tabla 2: Sectores industriales con mayor potencial de utilización de la energía solar térmica.....	14
Tabla 3: Ejemplo de resultados de casos de estudio.....	18
Tabla 4: Relación de casos de estudio de utilización exitosa y del potencial de integración de la energía solar térmica	20
Tabla 5: Rangos de las temperaturas para algunos de los procesos.....	48
Tabla 6: Principales diferencias en los criterios de diseño de las instalaciones.....	61
Tabla 7 Distribución de la demanda de calor a baja y media temperatura en la industria en España	72
Tabla 8 Distribución de la demanda de energía por rangos de temperatura	74
Tabla 9: Distribución de la demanda de calor a baja temperatura y del potencial solar para sectores considerados	73
Tabla 10: Distribución de la demanda y del potencial solar para los 8 principales sectores.....	73
Tabla11: Costes de instalaciones solares	79
Tabla12: Valores de parámetros de sostenibilidad de la tecnología solar	83
Tabla13: Distribución y antigüedad de las principales instalaciones en España	95
Tabla14: Marco estratégico para energía y clima en España	103
Tabla15: Objetivos y estrategia de descarbonización en España	104
Tabla16: Objetivos de reducción de emisiones en España	104
Tabla17: PAREER (I, II y III)	108
Tabla18: Perspectivas y retos de la energía solar térmica.....	119
Tabla19: Barreras, causas y propuestas de soluciones.....	122

1 Resumen ejecutivo

Este resumen ejecutivo recoge los elementos y resultados claves de la guía para agrupar las conclusiones más relevantes de forma que el usuario los pueda visualizar de forma sencilla y rápida. Cuando lo considere necesario, podrá ampliar los contenidos en los capítulos correspondientes que se relacionan fácilmente al seguir el mismo orden y numeración establecido en este resumen.

1.1. Objetivos

Los objetivos de esta guía son:

- Promover el uso de instalaciones solares térmicas de baja temperatura en procesos industriales bien directamente por parte de los usuarios o bien a través de Empresas de Servicios Energéticos
- Facilitar a todos los agentes interesados (ingenierías, empresas del sector industrial, administraciones, etc.) la información necesaria para eliminar las posibles incertidumbres que dicho uso pudiese generar.
- Dar visibilidad a las ventajas que supone el mismo, ahorro energético y económico, mejora de la huella de carbono, mejora de la imagen corporativa, etc.
- Poner en valor la experiencia adquirida en el transcurso del tiempo a través de proyectos reales.
- Definir y difundir sus singularidades técnicas para facilitar la instalación de energía solar térmica en procesos industriales.
- Conocer el potencial cualitativo definiendo el tipo de industria y de procesos objeto de poder incorporar energía Solar Térmica y, de manera aproximada, su potencial cuantitativo de contribución sobre el consumo de energía final.
- Analizar la viabilidad técnico-económica de instalaciones solares térmicas para procesos industriales
- Orientar a las administraciones públicas a la hora de diseñar sus programas de ayudas de manera más efectiva.

Se ha pretendido desarrollar un documento de referencia para estas aplicaciones, lo más completo posible pero que, a la vez, sea fácilmente entendible por los usuarios. Está dirigida a todos los profesionales relacionados con el sector ya sean industriales, asociaciones de empresas, empresas de servicios energéticos, instaladores y mantenedores, ingenierías, auditores energéticos, administraciones públicas de todos los niveles, entidades de control, así como cualquier otro agente que se considere involucrado.

1.2. Análisis tecnológico

Los aspectos tecnológicos más relevantes y de mayor interés para el uso de la energía solar térmica de baja temperatura en procesos industriales que requieren calor a temperaturas de hasta 120°C se describen en este capítulo que incluye:

- Una introducción práctica y visual a las diferentes tecnologías solares térmicas de baja temperatura disponibles.
- Definición de los indicadores y parámetros clave de las instalaciones solares térmicas y su potencial de utilización en los diferentes tipos de procesos industriales.
- Las condiciones mínimas a tener en cuenta para dimensionar, diseñar y ejecutar instalaciones solares térmicas de baja temperatura.
- Análisis de las redes de calor y frío, así como conexiones térmicas compartidas en comunidades energéticas renovables.

A nivel de recurso disponible, la radiación solar sobre superficie horizontal en las distintas zonas de España varía desde los 1.100 kWh/m²-año hasta valores por encima de los 1.900 kWh/m²-año que equivale a decir que cada año se reciben en forma de energía solar la energía contenida entre 110 y 200 L de gasóleo por cada m².

Los captadores solares captan la radiación solar y la transforman en energía térmica. Se clasifican fundamentalmente en función de si tienen capacidad de seguimiento solar y de si disponen de concentración:

- Captadores estacionarios sin y con concentración
- Captadores con concentración, normalmente dotados de seguimiento del sol

Los indicadores clave para diseño y dimensionado de las instalaciones solares térmicas son el rendimiento medio anual y la contribución solar que dependen de la temperatura de operación:

- El rendimiento solar anual es el cociente de la suma de la producción de calor útil solar y de la suma de la radiación solar disponible sobre la superficie de apertura anual respectivamente.
- La contribución solar es el cociente entre la cantidad de energía solar térmica aportada por el sistema solar durante un periodo de tiempo (día, mes o año) y la demanda energética requerida en este mismo periodo, incluyendo en dicha demanda la energía necesaria para compensar las pérdidas térmicas en la distribución y acumulación

1.3. Integración de energía solar térmica

Se puede utilizar la producción energética de las instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura para cualquiera de los procesos industriales que requieran temperaturas hasta 120 °C que puedan ser suministradas para su uso directo o indirecto a través de fluidos como aire o agua caliente, agua caliente sobrecalentada y vapor.

Para la mejor integración de la energía solar térmica se debe tener en cuenta que:

- Es fundamental mantener la seguridad y la garantía de suministro en la producción
- El sector industrial tiende a mejorar la calidad de sus productos y servicios sobre todo si una sociedad más concienciada le demandan “productos verdes”.
- Debe fomentarse el conocimiento desagregado de los diferentes consumos energéticos existentes en una industria para ofrecer la solución que mejor se adapte en cada caso
- Se suelen requerir cortos periodos de retorno de las inversiones
- Es muy importante el papel de las empresas de servicios energéticos que suministren la energía térmica a la industria a un precio acordado
- Las instalaciones solares térmicas son bastante desconocidas y generan desconfianza a la hora de ser utilizados en procesos industriales.

La integración de la instalación solar térmica en los sistemas de producción de calor puede hacerse de múltiples maneras, entre las que se destacan:

- Como sistema de precalentamiento o de calentamiento del retorno en sistemas con recirculación o cerrados para trabajar a temperaturas más bajas y evitar la dependencia de las temperaturas de suministro.
- Como calentamiento a la temperatura de suministro: la conexión requiere mayor temperatura y el nivel de estabilidad necesario para mantener las temperaturas de consigna
- Como sistemas de precalentamiento de agua de alimentación al generador de vapor o en el retorno del circuito de condensados.

1.4. Consumo de energía térmica y potencial solar

Se ha determinado el mercado potencial para la implantación de la tecnología solar térmica partiendo de los datos estadísticos del consumo de energía desde el último año disponible (2019) previo a la pandemia. Este análisis ha permitido comprobar las importantes diferencias con las previsiones de consumos realizadas en el estudio IDAE “Evaluación del potencial de la energía solar térmica en el sector industrial” (2011) que recoge el mejor estudio disponible de los consumos de calor para los distintos sectores industriales en función de la temperatura de los procesos.

Los datos de consumo se han desagregado en siete sectores diferenciados y todos los subsectores analizados con detalle en el estudio de 2011 se han asignado a cada uno de ellos y para determinar los consumos de calor se han considerado los valores medios ponderados de las correspondientes ratios de cada uno de los subsectores. De esta se determina tanto el consumo de calor para procesos como a baja y media temperatura cuyos resultados globales son los siguientes:

- | | |
|--|-------------|
| - Consumo de combustibles y otros: | 160.900 GWh |
| - Consumo de electricidad: | 75.925 GWh |
| - Consumo de calor para procesos: | 150.795 GWh |
| - Consumo de calor a baja y media temperatura: | 72.285 GWh |

En todo lo que sigue, se consideran de baja temperatura los procesos industriales hasta 120°C y los de media temperatura hasta 250°C. Para algunos estudios más detallados sobre la tecnología solar térmica a emplear se diferencian los procesos a temperaturas inferiores 60°C.

Utilizando las ratios ponderadas que relacionan el potencial solar térmico con la demanda de calor de baja y media temperatura de los diferentes subsectores del estudio de 2011 se ha determinado el potencial solar térmico para cada sector relacionado con los consumos del año 2019. Se destaca que el potencial de aplicación técnico-económico de la energía solar térmica a baja temperatura es 9.339 MW que equivalen a 13.341.000 m². En resumen:

Potencial solar térmico	T ≤ 60	60 < T ≤ 120	Total
Potencia (MW)	3.642	5.697	9.339
Superficie (m ²)	5.203.000	8.138.000	13.341.000

Tabla 1: Potencial de aplicación técnico-económico de la energía solar térmica

Se ha calculado el potencial y el aporte solar térmico de los distintos sectores industriales y se destacan los 3 con mayor potencial de los analizados que representan casi el 80% del potencial total diferenciándose en la siguiente tabla los valores para baja y media temperatura:

Potencial solar térmico	T ≤ 60	60 < T ≤ 120	Total
Alimentación, bebidas y tabaco	719.000	3.352.000	4.071.000
Industria química (incluye petroquímica)	958.000	2.888.000	3.846.000
Madera, corcho y muebles	1.635.000	989.000	2.624.000
Suman 3 sectores	3.312.000	7.229.000	10.541.000

Tabla 2: Sectores industriales con mayor potencial de utilización de la energía solar térmica

1.5. Identificación de barreras

Se denominan barreras a aquellos factores que dificultan el uso e implementación de la tecnología y en esta guía se realiza un análisis detallado de las principales barreras identificadas que son:

Rentabilidad económica

La rentabilidad económica queda definida por la comparación y evaluación de la mayor inversión inicial que la instalación solar supone, frente al ahorro energético producido, y para ello es necesario encontrar una solución que ambas partes (oferta y demanda) consideren económicamente viable.

Existe un importante margen para reducción de los costes de las instalaciones solares térmicas que debe ir asociada a una significativa transformación del sector solar para lo que deben modificarse los modelos de comercialización y simplificarse los diseños de instalaciones.

También se considera que los costes de operación y mantenimiento podrán reducirse de forma significativa si las instalaciones están bien diseñadas, ejecutadas y equipadas con buenos sistemas de monitorización que eviten las visitas presenciales.

Para evaluar la viabilidad económica debe promoverse el uso del coste nivelado de generación de calor (LCOH) comparando los sistemas de producción (instalación solar, combustibles fósiles, etc.) lo que confirmará las ventajas de la opción solar térmica a medio y largo plazo. Todo ello para evitar el habitual uso del periodo de retorno simple que es el criterio que el industrial más utiliza.

Sería deseable que el industrial confíe la gestión energética en asesores y/o empresas de servicios energéticos (ESEs) que le puedan ofrecer todas las garantías de suministro, funcionamiento y mantenimiento que necesite junto con las soluciones de financiación más adecuadas lo que eliminaría la posible desconfianza del industrial sobre la tecnología.

Huella de carbono y ciclo de vida

Una de las principales ventajas de las instalaciones solares térmicas para la producción de calor se detecta cuando se evalúa la huella de carbono y análisis de ciclo de vida del generador de calor, para no solamente reducir el consumo de energía primaria fósil sino hacerlo con la tecnología que menos emisiones produce en su fabricación y más puede aportar a la descarbonización del sistema energético.

Como ejemplo, se calculan las emisiones de CO₂ por kWh generado por un captador solar térmico considerando una vida útil de 30 años considerando la energía generada en las condiciones climáticas de Madrid. Se han estudiado dos escenarios, dependiendo de qué tecnología se hubiera utilizado en lugar de la solar, que son gas o electricidad y se puede deducir que es necesaria la incorporación de estos criterios de sostenibilidad en los procesos de decisión de las tecnologías a utilizar, así como en toda la normativa relacionada con la descarbonización.

Desconocimiento de la tecnología

Existe un evidente desconocimiento generalizado del potencial y del atractivo tecnológico de las aplicaciones de la energía solar térmica del que es necesario tomar conciencia y analizar para poder corregir. En primer lugar, por la escasa importancia que normalmente se presta a los asuntos relacionados con el calor como forma de energía y, en segundo lugar, por el escaso control que se realiza tanto de los consumos como de la eficiencia de los procesos dado el reducido coste de la producción de calor

por combustibles fósiles y el elevado coste de los sistemas de medida. Estos criterios se pueden analizar asociados a cualquiera de los intervinientes en los sectores de demanda y de oferta para evaluar las causas que lo han producido y definir las necesidades de adaptación.

La evaluación energética de los procesos de una industria para obtener datos fiables de su consumo energético que se realizan en el marco de una auditoría energética permite definir las propuestas de mejoras aplicables al ahorro energético, la eficiencia energética y la implantación de energías renovables. El carácter obligatorio de la auditoría energética para grandes empresas, y de aplicación voluntaria para las restantes, que se establece en el Real Decreto 56/2016 de transposición de la Directiva Europea 2012/27/UE promueve y facilita la implantación de las medidas anteriormente referidas y establece requisitos de calidad de la adquisición y evaluación de datos.

Dentro del sector de oferta algunos prescriptores optan por proponer el uso de las tecnologías más conocidas que se perciben como más fiables y seguras, aunque realmente este criterio nace del propio desconocimiento acerca de las posibilidades de la tecnología solar térmica. Entre otras actuaciones, es necesario rehabilitar las instalaciones que no funcionan correctamente como paso previo para que cambie la percepción de mal funcionamiento que actualmente tienen y que se deriva de malas praxis llevadas a cabo en el sector de la edificación, donde su instalación ha sido obligatoria desde que entró en vigor el Código Técnico de la Edificación en 2006.

Hay que ser conscientes de que existe una evidente falta de conocimiento entre todos los agentes implicados ya sean de la administración, los técnicos de todos los niveles del sector de oferta (fabricantes, proyectistas, instaladores y mantenedores) como promotores, constructores, organismos de control, arquitectos, auditores energéticos, etc. que requiere una estrategia global de formación teórica y práctica. También en el lado de la demanda como, por ejemplo, a nivel de gestores técnicos de empresas y de profesionales de mantenimiento, se hace necesario mejorar los conocimientos en técnicas energéticas.

Disponibilidad de emplazamientos

La disponibilidad de espacios para la implantación de una gran superficie de captadores puede ser el principal problema y las posibles soluciones energéticas pueden estar condicionadas por este hecho. Es necesario valorar soluciones que permitan utilizar las propias cubiertas de la industria, cubiertas cercanas o terrenos circundantes libres de obstáculos y sombras.

En el caso de utilizar las cubiertas de los propios edificios de la industria, las características constructivas de los mismos deben garantizar que se pueden soportar las cargas y esfuerzos generados por un campo de captadores solares térmicos.

La falta de espacios propios utilizables puede conllevar tanto problemas administrativos (por ejemplo, por utilizar terrenos con determinada clasificación de uso) como económicos (costes de alquiler de espacios de terceros). Estos temas son similares y bastante conocidos en la tecnología fotovoltaica por lo que habría que aprovechar y trasladar los mismos criterios ya desarrollados.

Regulación y normativa

Afectan al desarrollo de la tecnología todos los aspectos relacionados con la regulación y normativa que sean aplicables, tanto del ámbito energético como industrial, en cualquiera de los niveles de la administración (estatal, autonómica y local) así como los procedimientos administrativos empleados en cada caso.

En primer lugar y desde el punto de vista de la sostenibilidad y la energía, hay que destacar que la normativa actualmente vigente y la que se desarrollará en los próximos años tendrá claros objetivos de descarbonización, de aumento de la eficiencia energética y de uso de renovables.

Como recogen el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) será importante la adaptación de la Administración como tractor de los cambios tecnológicos acompañando al sector privado y actualizando los procedimientos administrativos.

En estos asuntos también se destaca la necesidad de utilizar los avances realizados en la tecnología fotovoltaica y aplicar regulaciones y normativas equivalentes tanto fiscales, como legislativas, etc.

1.6. Análisis del estado actual

Esta guía dedica un capítulo a analizar las condiciones de partida para el lanzamiento del mercado que, de forma resumida, puede considerarse que vienen definidas por:

1. El estado actual de utilización de la tecnología solar térmica en procesos industriales evaluando el tamaño del mercado y, si fuera posible, inventariando los proyectos y las instalaciones solares térmicas existentes.
2. Las condiciones de contorno de la situación económica, ambiental, social, etc. para conocer las estrategias y políticas que se quieren implantar a nivel nacional que directamente derivan de la situación regional e internacional incorporando las singularidades y los detalles nacionales que corresponda.
3. El posicionamiento y el punto de vista de los actores del mercado que incluye a las administraciones públicas relacionadas con el sector, a las empresas del sector oferta, ya sean fabricantes, distribuidores, instaladores o empresas de servicios energéticos y a las empresas del sector demanda representadas por las asociaciones industriales sectoriales. Esta información permitirá identificar los intereses de cada parte, así como las oportunidades que se presentan y las aproximaciones necesarias para contribuir al lanzamiento del mercado.

1.7. Propuestas de desarrollo

A partir del análisis de la demanda y el potencial solar, así como de las condiciones de partida que se han descrito con anterioridad, se proponen medidas para el desarrollo del mercado de instalaciones solares térmicas en las industrias desglosando su análisis en tres niveles asociados a los diferentes objetivos y plazos de implantación, diferenciando:

- Cómo se propone debería ser un mercado solar térmico en el futuro (2050)
- Recomendaciones de actuación y estrategias que se podrían plantear a largo plazo (2030)
- Las medidas más inmediatas para orientar las actuaciones en los primeros años (2024)

1.8. Casos de estudio y ejemplos de instalaciones

Acompañan a esta Guía un total de 15 casos de estudio que demuestran la utilización exitosa y el potencial de integración de la energía solar térmica en diferentes contextos industriales y geográficos.

Para cada uno de ellos se ha elaborado una ficha en la que se describen los principales parámetros técnicos de la instalación realizada, la tecnología utilizada, el proceso en el que se integra y se ofrecen los resultados que acreditan la viabilidad de la instalación.

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gasóleo (PCI=9,98 kWh/l)
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	83%
Coste Energía Convencional (bruto)	100 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	121 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	2%
Coefficiente emisiones CO ₂ gas natural	0,31 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	689 €/m ² bruta 62.052€
Porcentaje Subvención	25%
Coste O&M	2% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	20 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	1,0 %
Reducción anual producción solar	1,0 %
Periodo Análisis/vida útil instalación	25 años
Rentabilidad del proyecto TIR	16,9%
Payback Simple	6 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	509,54 toneladas CO ₂

Tabla 3: Ejemplo de resultados de casos de estudio

Se relacionan a continuación los casos analizados en esta Guía:

Sector Industrial	Proceso Industrial	Empresa	Localización	Superficie apertura solar (m ²)	Tipo de captador
Depuración de aguas	Secado de lodos en la EDAR del Guadalhorce	EMASA	Málaga	18.863	Captador de vacío con reflector
Agroalimentario	Maltería. Proceso de secado de malta	Estudio de viabilidad	Madrid	81.500	Captador plano
Agroalimentario	Fabricación de productos lácteos en polvo. Secado por atomización del lactosuero	Estudio de viabilidad	Valladolid	11.400	Captador plano
Redes de Calor	Red de calor en un polígono industrial	Estudio de viabilidad	Barcelona	3.200	Captador de vacío
Agroalimentario	Elaboración de vinos	BODEGAS RODA	La Rioja	65	Captador de vacío
Agroalimentario	Elaboración de vinos	GRUPO RAVENTÓS CODORNIU	Barcelona	90	Captador de vacío
Lavado de vehículos	Producción de calor para lavado de cisternas	SYTA	Zaragoza	320	Panel híbrido
Lavanderías	Producción de calor para lavandería industrial	Lavanderías ITL	Huesca	126	Panel híbrido
Industria cárnica	Precalentado de agua para lavado y esterilización del matadero	Estudio de viabilidad	Murcia	1.976	Captador plano de gran formato
Desaladoras	Desalación de agua	Desalación Solar MED	Almería	848	Captador plano + repotenciación mediante espejos con seguimiento solar
Producción de mezclas bituminosas	Calentamiento y secado de áridos	Estudio de viabilidad	Madrid	4.549	Captador de vacío con reflector

Lavanderías	Producción de calor para lavandería industrial	Estudio de viabilidad	Tenerife Canarias	909	Captador plano de gran formato
Agroalimentaria	Lavado de botellas en embotelladora de vinos	Estudio de viabilidad	Badajoz	497	Captador plano
Agroalimentaria	Pasteurización de productos lácteos	Estudio de viabilidad	Las Palmas de Gran Canaria	497	Captador plano
Agroalimentaria	Deshidratado de productos agroindustriales	L. PERNIA S.A.	Chiloeches	5.000	Captador de aire

Tabla 4: Relación de casos de estudio de utilización exitosa y del potencial de integración de la energía solar térmica

1.9. Simulador de viabilidad de instalaciones

Como complemento a esta Guía se ha elaborado una herramienta de cálculo que permite realizar un dimensionado sencillo y determinar la contribución solar al proceso como primera aproximación.

Facilita, a través de la modificación de diferentes variables, simular la viabilidad de la instalación, mediante el cálculo estimado de la rentabilidad de la instalación (TIR) y del coste nivelado de generación de la energía.


DATOS GENERALES

Nombre del proyecto	Ejemplo
Empresa	
Autor de la simulación	
Teléfono	
	email

PARÁMETROS TÉCNICOS

Demanda proceso industrial [MWh/año]	2400
Selección Localidad	Barcelona
Selección Captador Solar	CONCENTRADOR CON ETC-CPC
Selección Proceso	Secado
Sel. Cobertura Solar Objetivo	75%
Fuente de energía convencional	Gas natural
Eficiencia del sistema de generación de energía convencional [%]	80

Aportación Solar [kWh/m².año] **883,6**
Área de captación solar [m²] **2121,8**


Resultados Simulaciones		
FS Real [%]	Aportación Solar [kWh/m²]	[m²]
31%	913,6	1709,6
46%	908,3	2571,9
60%	899,0	3499,7
75%	883,4	4313,2

PARÁMETROS FINANCIEROS Y DE INVERSIÓN

Coste estimado por m ² apertura	450	€/m ²
Coste de energía convencional bruto	33,19	€/MWh PCI
Coste de energía convencional (neto)	41,49	€/MWh útil
Coefficiente de emisiones de CO ₂ (asignado a la fuente de energía convencional)	0,2	ton CO ₂ /MWh
Precio de CO ₂ evitado	20	€/ton CO ₂ evitado
Coste estimado de operación y mantenimiento	2	% anual
Incremento anual del coste de la Energía estimado	2	% anual
Inflación general, % Anual estimado	1	% anual
Vida útil estimada de la instalación (Valor máximo 30 años)	30	Años
Porcentaje de subvenciones	50	%

RESULTADOS FINALES

Aportación solar	883,6	kWh/m ² .año
Superficie de apertura	2121,84	m ²
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	11249,15	ton CO ₂
Coste de Inversión total	954828,00	€
Coste de Inversión menos subvenciones	477414,00	€
Rentabilidad del proyecto TIR	18,09%	
Estimación de coste nivelado de la energía	25,01	€/MWh

Nota:
 Este tipo de cálculo ha sido realizado como complemento a la Guía de Energía Solar Térmica en Industria publicada por IDAE.
 Herramienta válida para versiones de Excel 2019 y posteriores.
 Su utilización está limitada a las ciudades, tecnologías y procesos indicados.
 El carácter de los resultados es aproximativo y en ningún momento sustituye a los cálculos de detalle que deben ser realizados por técnicos competentes para el diseño de las instalaciones que se simulan.

Figura 1: Modelo de informe de cálculo de instalación solar térmica

La herramienta parte de la caracterización de perfiles de consumo estándar que han sido definidos para la simulación de instalaciones de 5 procesos industriales diferentes: secado, industria cárnica, bebidas, lácteos e industrias farmacéuticas.

Las instalaciones pueden simularse en 5 ubicaciones geográficas diferentes que pueden ser consideradas representativas por sus niveles de radiación solar de las diferentes zonas señaladas en los mapas de radiación solar en España.

Finalmente, la herramienta desarrollada permite al usuario considerar en sus cálculos la utilización de 5 tecnologías diferentes de captadores solares.

2 Análisis tecnológico

En este capítulo se recogen los aspectos tecnológicos más relevantes y de mayor interés para el uso de la energía solar térmica de baja temperatura en los diferentes procesos de aplicaciones industriales que requieren calor a temperaturas de hasta 120°C.

A modo de resumen, se incluye:

- Una introducción práctica y visual a las diferentes tecnologías solares térmicas de baja temperatura disponibles.
- Definición de los indicadores y parámetros clave de las instalaciones solares térmicas y su potencial de utilización en los diferentes tipos de procesos industriales.
- Las condiciones mínimas a tener en cuenta para dimensionar, diseñar y ejecutar instalaciones solares térmicas de baja temperatura.
- Análisis de las redes de calor y frío, así como conexiones térmicas compartidas en comunidades energéticas renovables.

Para conocer las condiciones mínimas que permitan definir una correcta instalación solar térmica y para profundizar en el conocimiento tecnológico, se recomienda acudir a la Guía Técnica de Solar Térmica¹ editada por el IDAE y ASIT en 2020 y que se citará a lo largo del texto.

2.1. Tecnología solar térmica disponible

2.1.1. Introducción

El sol nos regala su energía en forma de luz y calor. Hoy, una tecnología madura, eficiente, autóctona y no contaminante, nos permite utilizarlo para suministrar calor a nuestras casas y a numerosos procesos industriales, reduciendo los consumos energéticos. Su utilización se justifica no sólo en el ahorro energético y la rentabilidad para el usuario, sino que además contribuye al bien común: la mejora de la calidad del aire evitando las emisiones que provocan el calentamiento global; la rentabilidad macroeconómica por el uso de recursos propios, la generación de riqueza interna y de empleos, y la reducción de la dependencia energética externa.

¹ <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-energia-solar-termica>

En ese sentido, el uso de energías renovables y la eficiencia energética son, probablemente, las mejores herramientas para descarbonizar la economía y las energías renovables térmicas tienen un gran papel a desempeñar, teniendo en cuenta que las demandas térmicas representan más del 50% de la demanda de energía primaria de la UE. Dentro de estas demandas, las requeridas por los procesos industriales son las más importantes.

En el camino de reducción de los impactos asociados a los aportes energéticos para cubrir las demandas térmicas de los procesos industriales, la utilización de las tecnologías solares térmicas presenta numerosas ventajas, principalmente:

- El recurso solar es abundante, predecible y disponible en todo el territorio y por lo tanto no está sujeto a restricciones de suministro o fluctuaciones de precio lo cual garantiza al usuario la disponibilidad de una cierta cantidad de energía permanente.
- Los captadores y el resto de los equipos solares son principalmente de fabricación nacional o de la UE, lo que mejora la balanza comercial, sustituye importaciones por empleo y reduce la huella de carbono.
- Su flexibilidad para adaptarse a las demandas y su capacidad para hibridarse con otras tecnologías renovables o de recuperación de calor, mediante la utilización de almacenamiento térmico.
- Su carácter modular y escalable, que permite aportar el porcentaje de cobertura de la demanda deseado.
- La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el CO₂, a un coste de generación €/kWh de energía térmica producida competitivo con los sistemas que utilizan combustibles convencionales o renovable. Es de señalar que esta competitividad mejora ostensiblemente, por economía de escala, con el tamaño de la instalación solar y cuando se considera el valor asociado a las emisiones de CO₂ evitadas.
- La energía solar térmica reduce los costes energéticos asociados al consumo de energía de los procesos industriales y aumentarán la competitividad de la industria que los implemente.
- La utilización de energía solar térmica mejorará la imagen corporativa de las empresas que opten por su utilización, reducirá su huella de CO₂ y mejorará las oportunidades de acceder a licitaciones y al mercado de emisiones.

Para analizar el potencial del uso de la energía solar térmica en procesos industriales (su solarización) además de aspectos tecnológicos y económicos, también hay que considerar el entorno general existente, que es claramente propicio, dada la tendencia global, y especialmente en Europa, hacia la descarbonización de la economía. Como ejemplo de este entorno, se muestra las Propuestas de la Comisión de la UE que fomentarán la “Transición hacia una Energía Más Limpia, una Industria Sostenible y Hábitos Más Ecológicos”, como son:

- “Los combustibles empezarán a gravarse en función de su contenido energético y su comportamiento medioambiental en lugar de su volumen. De este modo, garantizamos que el impacto medioambiental de los distintos combustibles se refleje mejor, ayudando tanto a las empresas como a los consumidores a tomar decisiones más limpias y respetuosas con el medio ambiente.

- Se simplifica la clasificación de los productos energéticos a efectos fiscales para garantizar que los combustibles más nocivos para el medio ambiente sean los más gravados. Los productos cubiertos por la Directiva se agrupan y clasifican en función de su comportamiento medioambiental. Los combustibles con un impacto más negativo en el medio ambiente estarán sujetos a tipos mínimos más elevados.
- La eliminación progresiva de las exenciones para determinados productos y la calefacción doméstica impedirá que los combustibles fósiles puedan gravarse por debajo de tipos mínimos. Los Estados miembros podrán prestar ayuda a los hogares vulnerables y proteger contra la pobreza energética.”
- En este entorno, el mercado potencial para la utilización de la tecnología solar, como veremos, es enorme tanto en España como globalmente. Dentro de esta Guía, lo cuantificaremos y lo valoraremos, mostrando que la tecnología solar está preparada para abordar las demandas a baja y media temperatura de los procesos industriales.

2.1.2. El recurso Solar

La energía producida por una instalación solar depende en primer lugar de la radiación solar disponible para su captación. Dicha radiación dependerá de dónde se ubique la instalación y puede presentarse como radiación directa recibida directamente del sol sin obstáculos o como radiación difusa, radiación dispersada por la atmósfera o desviada por las nubes- como se observa en la Figura 1). El nivel de radiación solar anual incidente sobre la superficie de un captador depende de la localidad, nubosidad, de la cantidad de sombras que le afectan, del ángulo de incidencia, que depende de la inclinación y de la orientación de la superficie del captador. La orientación e inclinación del captador debe de ser tal que optimicen la captación de la radiación solar, para ello es necesario tener en cuenta los ángulos que definen la posición de la superficie respecto al sol, los ángulos que definen la posición del sol (ángulos de acimut y elevación solar), que varían con la latitud del lugar, la época del año, y de la hora del día.

Cuando el captador solar es estacionario (no dispone de seguimiento solar) a éste se le debe de dotar de la inclinación necesaria respecto a la horizontal en función de la latitud y de la estacionalidad en su caso del uso de la instalación (más inclinación para uso en invierno, menos para uso en verano).

La radiación que incide sobre su plano se puede calcular a partir de la que incide sobre la horizontal y de los ángulos que determinan el ángulo de incidencia entre la radiación solar incidente y la perpendicular al plano del captador solar, es decir su inclinación y el ángulo acimutal del captador también conocido como orientación.

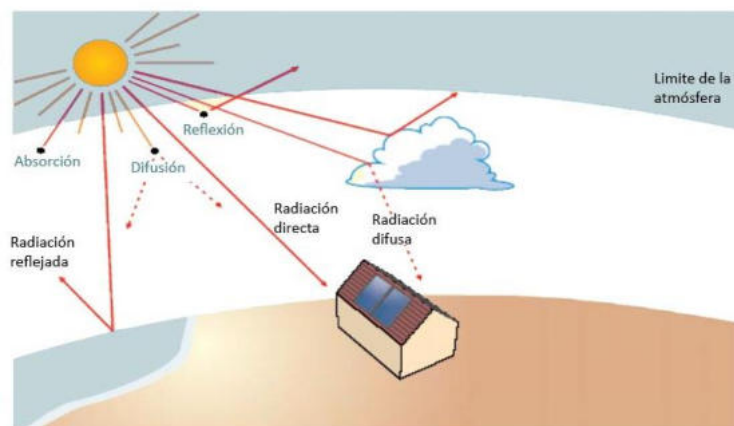


Figura 2: Radiación solar directa y difusa

En la Figura 3 mostramos el nivel de radiación solar que incide sobre una superficie horizontal en las distintas zonas de España. Se observan valores desde los 1.100 kWh/m²-año hasta valores por encima de los 1.900 kWh/m²-año que es equivalente a decir que cada año recibimos en forma de energía solar la energía contenida entre 110 y 200 L de gasóleo por cada m². Estos valores muestran el enorme potencial de reducir el consumo energético de las industrias con energía solar, sobre todo en las demandas de Calor de Proceso que duran todo el año.

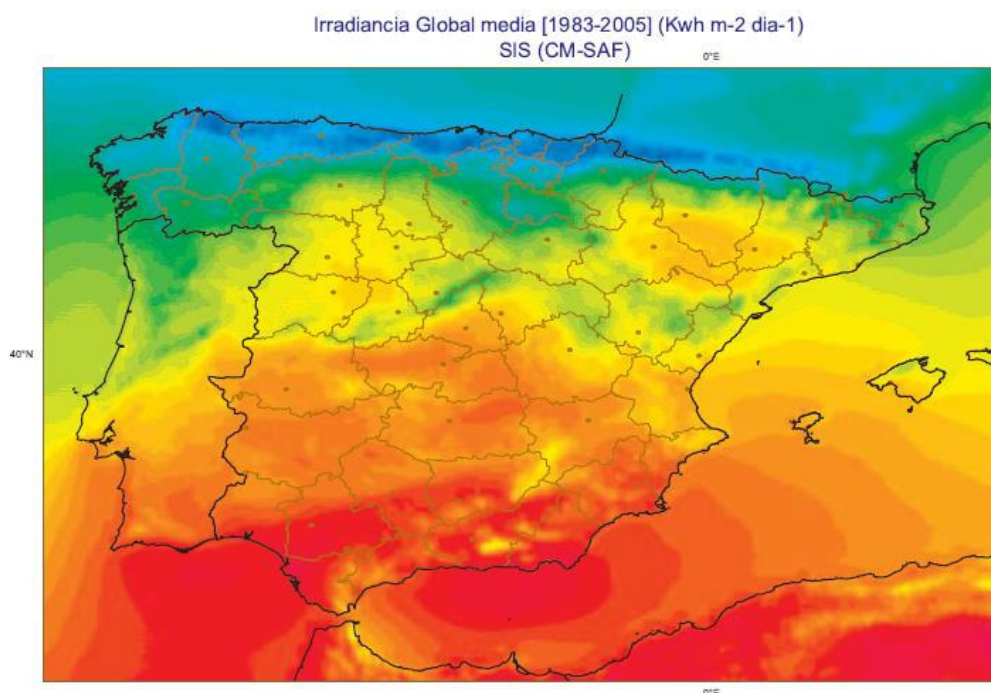


Figura 3. Mapa de Irradiancia Global Media (AEMET. Atlas de Radiación Solar en España)²

²https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

Como se indicaba anteriormente, la radiación que incide sobre un captador va a depender de su inclinación sobre la horizontal y de su orientación, o azimut, con respecto a la línea norte sur.

Como se verá más adelante, en los captadores fijos o estacionarios (que son los más comúnmente utilizados) la inclinación y orientación de la superficie de apertura³ no cambia a lo largo del día, ni del año y mientras que en los captadores con seguimiento la orientación del área de apertura cambia a lo largo del día.

Considerando las características del recurso solar, se pueden dar algunas indicaciones para orientar la selección de la tecnología solar:

- La inclinación del captador estacionario debe corresponder en general a la latitud del emplazamiento donde se encuentra y debe de estar orientado hacia el sur. Dicha inclinación aumenta un 10-12% la radiación solar global disponible con respecto a los valores sobre la superficie horizontal (Figura 3)
- El valor de radiación solar global disponible sobre una superficie con seguimiento en dos ejes, tal que la perpendicular a la superficie de apertura siempre apunta hacia el sol, es de un 20 a un 25% superior a la radiación solar global sobre una superficie fija inclinada a la latitud.
- Los valores de la radiación solar directa disponibles sobre una superficie con seguimiento en dos ejes es semejante a la radiación solar global sobre una superficie fija orientada hacia el sur e inclinada un ángulo igual al de la latitud de su emplazamiento
- La radiación difusa sobre una superficie horizontal a lo largo del año representa alrededor del 30% de la radiación global anual (ver Figura 15)

³ Área de apertura: área atravesada por la radiación y que contribuye a la iluminación del absorbente

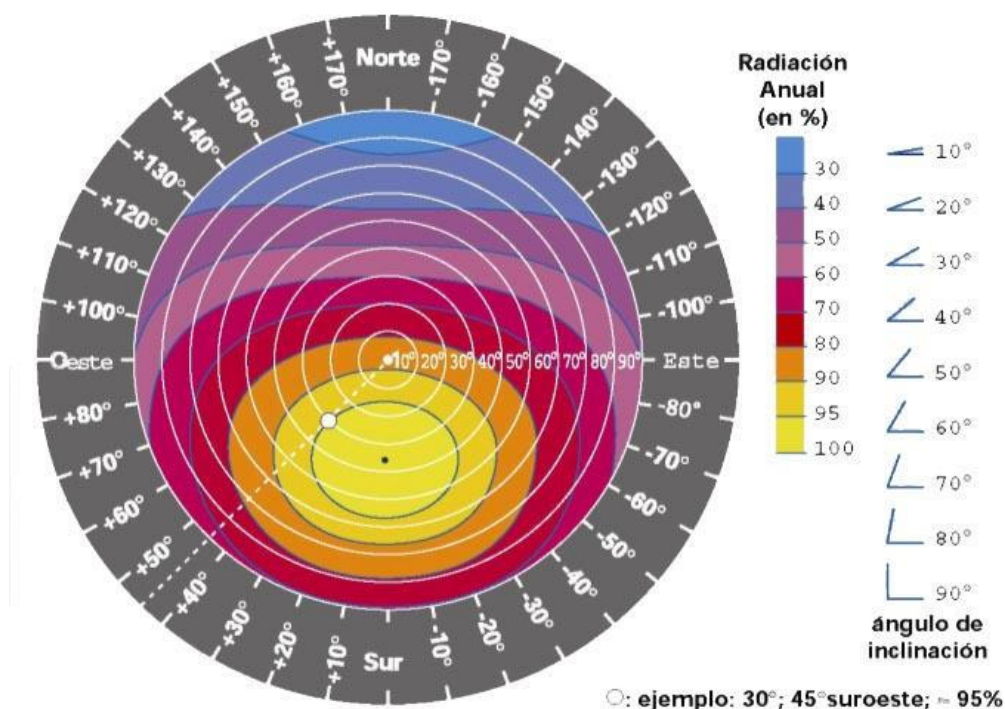


Figura 4: Relación entre la radiación global disponible sobre la apertura de un captador estacionario con una determinada inclinación sobre la horizontal y una determinada orientación y la radiación máxima posible.

Atlas de Radiación Solar en España
utilizando datos del SAF de Clima de
EUMETSAT

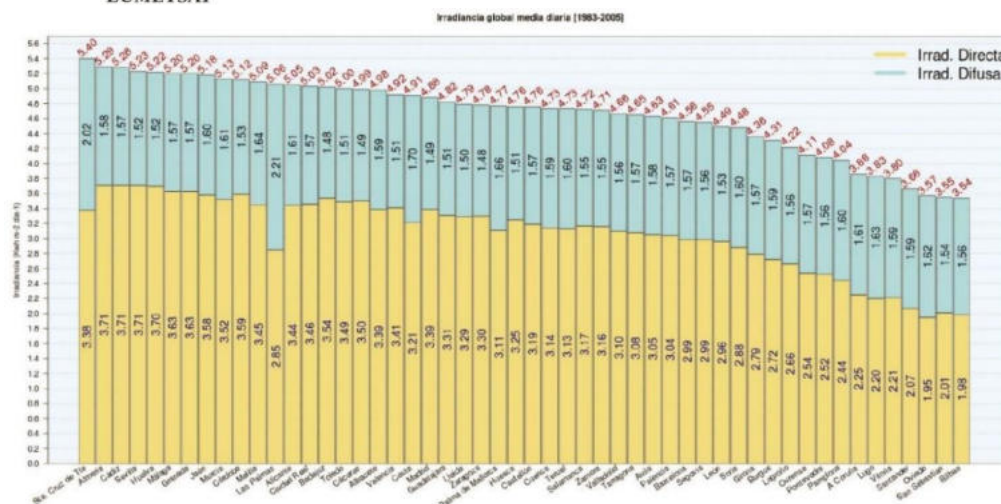


Figura 5: Reparto de la irradiancia global media diaria sobre una superficie horizontal entre radiación difusa y directa, para distintas localidades en España (AEMET. Atlas de Radiación Solar en España)

2.1.3. Tecnologías de captación solar

Los captadores solares son los generadores de calor de una instalación de energía solar térmica, captan la radiación solar y la transforman en energía térmica. Los captadores solares se pueden clasificar en función de su capacidad de seguir el sol y de su concentración:

- Captadores estacionarios y sin concentración
- Captadores con concentración, normalmente dotados de seguimiento del sol

En las instalaciones con captadores estacionarios sin seguimiento, su inclinación y orientación son fijos. Su posición óptima para aprovechar el recurso solar al máximo, cuando la demanda a cubrir es constante a lo largo del año, es la definida por una inclinación próxima a la latitud del lugar (unos 35-45° en la península y Baleares, unos 25° en Canarias) y orientados hacia el sur (acimut del captador igual a 0 medido respecto a dicha orientación, en el hemisferio norte de 0° respecto al sur).

Si el captador dispone de seguimiento, la captación de radiación solar sobre la superficie de apertura aumenta significativamente. Muchas veces la consecuencia de dotar al captador de la capacidad de seguimiento (ya sea de todo el captador o de alguna de sus partes) supone un aumento de la complejidad mecánica del sistema solar (conexión hidráulica articulada, motores de seguimiento, control preciso del seguimiento solar, etc.). Normalmente esta opción se utiliza únicamente en captadores de concentración que solo aprovechan la radiación directa.

Si, además de disponer de seguimiento, el captador es de concentración (el área de absorción de la radiación es mayor que el área de captación gracias a la utilización de espejos para redirigir la radiación sobre la apertura hacia el absorbedor), se reducen significativamente sus pérdidas térmicas en relación a la superficie de captación, pero a costa de reducir la capacidad de captación tanto por la reflectividad de los espejos utilizados como, si la concentración es elevada, por la pérdida de captación de la radiación difusa, si los espejos no son capaces de redirigirla hacia el absorbente⁴

La tecnología para utilizar para cada proceso puede variar en función de las características del proceso industrial a abastecer (temperatura, tipo de fluido, etc.). Para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura (<100°C) los sistemas con captadores solares planos son los más utilizados, seguidos por los tubos de vacío (Figura 6). Los captadores de tubos de vacío se distinguen de los captadores planos por sus menores pérdidas térmicas y por disponer en general de mayor rendimiento que los captadores planos, si bien existen captadores planos (p.e. que utilizan vidrios antireflexivos) con mejor rendimiento que algunos de vacío. También existen captadores planos de vacío. Para aplicación a media temperatura (hasta 300°), se suelen utilizar concentradores.

⁴ La proporción de radiación difusa que puede captar es, en primera aproximación, inversamente proporcional a su concentración.

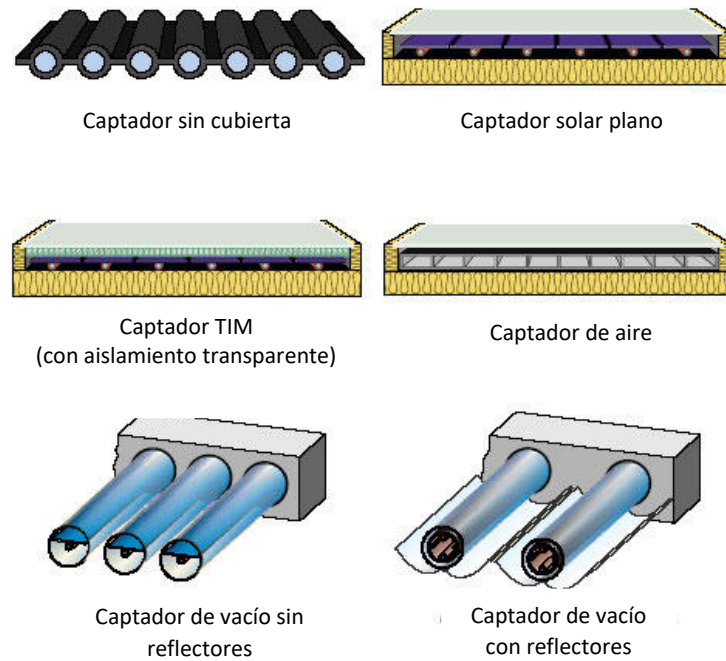


Figura 6: Captadores solares estacionarios

En la Figura 6 mostramos los tipos de captadores estacionarios más utilizados

- Captador plano sin cubierta: fabricado generalmente con materiales plásticos, sin cubierta transparente protectora, ni aislamiento térmico posterior. Muestra un buen rendimiento en aplicaciones donde se precise temperaturas no demasiado altas (30-40 °C), que sean demandadas en periodos con adecuados niveles de radiación y temperatura ambiente no demasiado baja (p.e. piscinas estivales) ya que el rendimiento de este tipo de paneles no suele ser demasiado alto y las pérdidas con el ambiente pueden superar la ganancia si no se dan las adecuadas condiciones.
- Captador plano con cubierta de vidrio: especialmente adecuado para aplicaciones de temperaturas medias de entre 40 y 100 °C (Agua Caliente de Proceso y calefacción), durante todo el año y con niveles de radiación medios.
- Captador plano con cubierta de vidrio antirreflexivo y captador de tubo de vacío: captadores especialmente adecuados para trabajar en aplicaciones con un salto térmico elevado (p.e. frío por absorción), en lugares con bajos niveles de radiación o cuando hay limitaciones en el espacio disponible para colocar los captadores solares y/o se desean maximizar los rendimientos solares.

Como variantes dentro de los captadores estacionarios sin concentración señalamos:

- Captadores solares de aire: Son captadores planos en los que el fluido caloportador es aire. Existen captadores de aire con y sin cubierta de vidrio.
- Captador solar plano de gran formato, en los que el área de apertura de cada unidad puede superar los 10m².
- Captador solar plano de vacío, en los que se hace el vacío en el espacio comprendido entre el vidrio y el absorbedor.
- Captadores de tubo de vacío con concentrador auxiliar tipo CPC.

- Captadores solares híbridos: son captadores solares planos que hibridan la tecnología solar térmica con la fotovoltaica en los que adicionalmente se produce electricidad fotovoltaica.

A todos los captadores estacionarios se les puede acoplar un sistema de espejos móviles y obtener así un captador con una concentración pequeña (<2).

La mayor parte de los captadores estacionarios pueden integrarse arquitectónicamente en el edificio, sustituyendo incluso elementos de fachada o de cubierta.

Captadores estacionarios y sin concentración

El captador solar plano con cubierta de vidrio es la tecnología más usual para las aplicaciones de producción de Agua Caliente ya que presenta un equilibrio excelente entre productividad, coste y durabilidad.

La principal diferencia entre los captadores de tubo de vacío y los captadores planos es que al hacer el vacío en el espacio entre la cubierta de vidrio y el absorbente, disminuyen en gran medida las pérdidas térmicas por convección y conducción.

Como características destacables de estos captadores estacionarios podemos reseñar:

- Rango de aplicación térmico: Hasta los 120°C
- Implantación: Captador sobre estructura soporte fija
- Sin concentración
- Aprovechamiento de radiación directa y difusa
- Sin protección intrínseca del captador contra sobretemperaturas por lo que requiere protección del circuito primario solar, aunque hay modelos que disponen de sistemas de protección en el propio absorbedor.
- Uso del terreno, minimizando sombras (instalado sobre un plano horizontal e inclinado a la latitud y mirando al sur): Área solar/área del terreno= 0,50
- Sistemas de producción en grandes series: entre 50.000m² y más de 1.000.000 m²/año por fabricante: Rápida disponibilidad debido a la gran capacidad de producción en zonas cercanas (incluso nacional).

Captadores con seguimiento y concentración

Los captadores de concentración con seguimiento cuentan con relaciones de concentración de la radiación solar que oscilan entre 2 y 20. En todos ellos el seguimiento se realiza, normalmente, alrededor de un único eje. Entre los primeros, los más usuales son:

- Colector cilindro parabólicos (CCP): Formado por un espejo lineal, de sección parabólica con el absorbente en la zona focal de la parábola. Tanto el espejo como el absorbente se mueven para seguir el movimiento aparente del sol (Figura 6)
- Colector lineal de Fresnel (FRL): Formado por un conjunto de espejos planos, o con una ligera curvatura, que se mueven de una manera sincronizada para redirigir la radiación solar hacia un absorbente estacionario lineal (Figura 7)

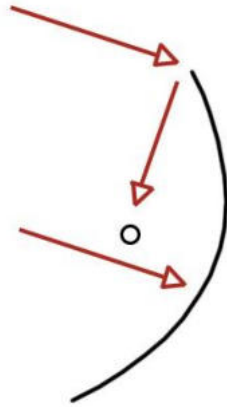


Figura 7: Concentrador cilindro parabólico

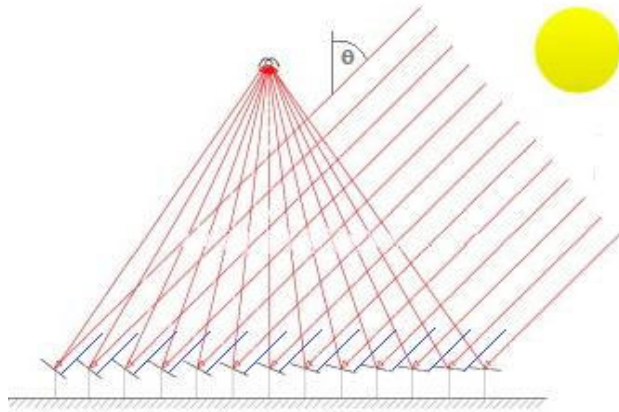


Figura 8: Concentrador Fresnel

Como características destacables de estos captadores concentradores con seguimiento, podemos reseñar:

- Rango de aplicación térmico: Hasta los 300°C
- Implantación: Absorbente fijo o móvil, espejos con seguimiento continuo del sol en un 1 eje
- Concentración solar ($C = A_{\text{apertura}}/A_{\text{absorbente}}$): entre 15 y 25
- Radiación disponible sobre la apertura: Sólo radiación directa (~70% de la global)
- Protección intrínseca contra sobretemperaturas: Desenfoque
- Uso del terreno, minimizando sombras (horizontal, zonas de latitud ~40°):
- Un eje de seguimiento horizontal E/O: CP 50%; FR=60%
- Un eje de seguimiento horizontal N/S: CP35%; FR=60%⁵
- Sistemas de producción por proyecto: entre 10.000m² y 100.000 m²/año por fabricante.

Entre los captadores con seguimiento y una concentración menor de 2 podemos destacar los captadores que combinan un captador estacionario con unos espejos planos con movimiento siguiendo al sol.

Como características destacables de estos concentradores podemos reseñar:

- Rango de aplicación térmico: Hasta los 150°C
- Implantación: Captador fijo, 1 o 2 espejos planos de seguimiento con seguimiento continuo del sol en un eje (Figura 9)
- Concentración solar ($C = A_{\text{apertura}}/A_{\text{absorbente}}$): entre 1,4 y 2
- Radiación disponible sobre la apertura: Radiación directa + el 70-80% de la difusa
- Protección intrínseca contra sobre temperaturas y viento: Sombreado con los espejos

⁵ El seguimiento N/S favorece la producción anual, pero provoca grandes diferencias entre los diversos meses (en verano produce 3 veces más que en invierno)

- Uso del terreno, minimizando sombras (zonas de latitud $\sim 40^\circ$):
- Captador inclinado a la latitud, un eje de seguimiento E/O: 50% (con 1 o 2 espejos)
- Captador horizontal, un eje de seguimiento N/S: 60% (con 2 espejos, $C=1,7$)
- Sistemas de producción
- Captador: En grandes series
- Concentrador: Conjunto por proyecto, componentes (espejos, motorreductores, controles, cojinetes, etc.) en grandes series

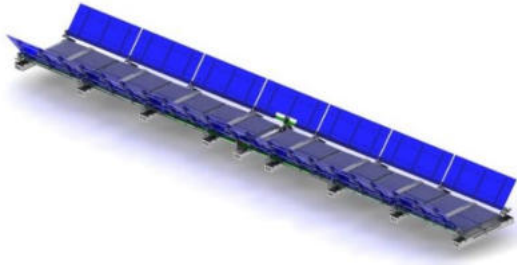


Figura 9: Captador solar fijo con concentrador externo acoplado: 2 espejos planos con seguimiento

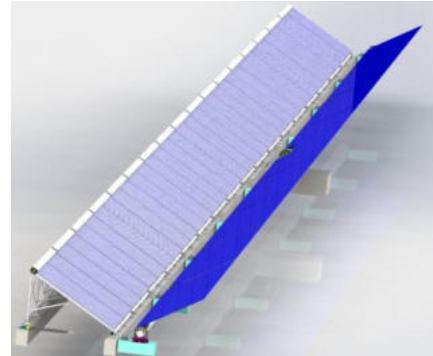


Figura 10: Captador solar fijo con concentrador externo acoplado: 1 espejo plano con seguimiento

2.1.4. Sistemas de acumulación solar

Los acumuladores solares, o depósitos, son los sistemas donde se almacena la energía proveniente de los colectores solares, para que sea posible utilizarla por el proceso industrial, en el momento adecuado. Los acumuladores hacen la función de amortiguador, de búfer, para cubrir el desfase entre la producción y el consumo, cuando estos no se simultanean, y también para garantizar una temperatura adecuada y estable de suministro.

El material más frecuentemente utilizado en su fabricación es el acero negro, cuando el almacenamiento está en un circuito cerrado, y el acero con recubrimientos anticorrosivos cuando almacenan agua de consumo. En procesos industriales, cuando se trata de grandes instalaciones, es posible utilizar también aljibes de hormigón.

El uso de acumulación solar es necesario cuando la producción solar no coincide en tiempo con el consumo, o no se ha alcanzado la temperatura necesaria para satisfacer las necesidades del proceso. Existe la posibilidad de reducir o incluso de prescindir de la acumulación cuando la demanda es suficientemente grande como para absorber toda la producción solar instantáneamente sin un significativo desaprovechamiento.

Los depósitos pueden acumular calor sensible (ligado al incremento- disminución de temperatura del fluido o material utilizado) o latente (calor liberado al producirse un cambio de fase). Los segundos pueden tener interés en procesos industriales con una diferencia entre la temperatura de impulsión y retorno pequeña.

En las instalaciones solares térmicas se suelen utilizar los sistemas de acumulación en forma de calor sensible y, fundamentalmente, utilizando agua como fluido caloportador.

Cuando el fluido empleado es agua de red (o potable), se deben cumplir los requisitos de UNE EN 12897. Asimismo, los acumuladores deben cumplir, como mínimo, con lo establecido en la normativa sanitaria y de aparatos a presión, utilizar materiales y recubrimientos resistentes a la corrosión y a la presión y, si están en el exterior, estar protegidos contra los agentes atmosféricos. Los acumuladores a utilizar pueden ser de fábrica o se pueden construir in situ, lo cual es especialmente interesante cuando los acumuladores tienen un gran volumen y cuando sus dimensiones, resistencia a la presión, etc., tienen que cumplir unos requerimientos específicos. Para su mantenimiento y limpieza suele ser conveniente que cuente con boca de hombre que permita su revisión desde el interior.

En general, en los acumuladores conviene implementar mecanismos o controles que favorezcan la estratificación térmica en su interior para conseguir la separación en diferentes niveles térmicos. De esta manera, se puede disponer de temperaturas elevadas en su parte superior, próximas a las requeridas por el proceso y temperaturas más bajas en su parte inferior que permitan un mejor rendimiento de los captadores solares. Para favorecer la estratificación de la temperatura en el interior del acumulador, es recomendable, en primer lugar, que su configuración sea vertical (sino hay limitaciones de espacio) y en segundo lugar elegir acumuladores con barreras, lanzas de estratificación y/o de sistemas de control capaces de conseguir la estratificación a partir de la variación del caudal de las bombas de los circuitos solares. La estratificación de la acumulación permite que la temperatura de entrada al colector, procedente de la parte baja del acumulador, sea lo más fría posible, lo que a su vez mejora el rendimiento, y por otra parte favorece que la temperatura a la salida del acumulador, en la parte superior del mismo, sea lo más próxima a la necesaria para satisfacer la demanda sin necesidad de aporte de calor adicional.

Los acumuladores en calor sensible pueden ser presurizados o atmosféricos. Los primeros forman parte de un circuito cerrado donde el fluido almacenado se mantiene a una presión superior a la atmosférica. Muchos circuitos hidráulicos son presurizados y por consiguiente, los elementos contenidos en los mismos, también deben serlo. Los acumuladores utilizados en las instalaciones solares térmicas pueden ser del mismo tipo que los empleados en sistemas convencionales conectados a calderas, ya sean de agua caliente sanitaria o de inercia teniendo en consideración las particularidades de las instalaciones solares que pueden hacer necesario que el depósito soporte mayores temperaturas de acumulación o, en el caso de interacumuladores, que dispongan de intercambiadores de serpentín con la superficie de intercambio necesaria para un adecuado intercambio. Están sujetos a la necesidad de disponer del marcado CE que declara el cumplimiento de la Directivas Europeas que aplican al equipo (Directivas Europeas de ecodiseño (ErP) para reducir el impacto medio ambiental, de etiquetado energético (ELD) que establece los requisitos de consumo de energía de aparatos a presión, etc.) y dispondrán de una placa de características con las características principales del acumulador y resto de información requerida por la normativa (volumen de acumulación, temperatura máxima de acumulación, presión máxima, etc.) . En la Figura 11 mostramos los diversos tipos de acumuladores presurizados,

utilizando intercambiadores internos o externos y con el agua para consumo humano o de calidad sanitaria en contacto con el acumulador (ACS en la figura) o sin contacto (Inercia en la Figura 11).

La conexión con el circuito solar estaría a la izquierda de los acumuladores y la conexión con el proceso a la derecha. Los dos esquemas con una estrella son los más utilizados.

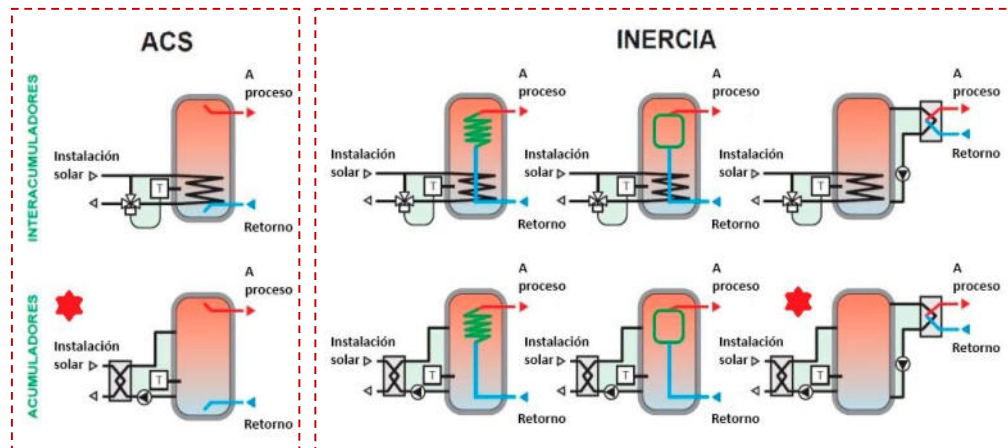


Figura 11: Tipologías de acumuladores solares presurizados

La utilización de acumuladores atmosféricos puede ser una alternativa más interesante económicamente para volúmenes importantes de acumulación (> 10.000 m³) debido a que el espesor del acero de un acumulador presurizado puede incrementar notablemente con el volumen. En este caso, es necesario gestionar adecuadamente las presiones de los diferentes circuitos, debiéndose independizar los atmosféricos de los presurizados. Este tipo de acumulación se puede utilizar incluso de manera estacional para poder utilizar en invierno el excedente de calor solar captado en verano y como sistema que permita gestionar la energía cuando existen distintas fuentes posibles de calor renovable: biomasa, bomba de calor, recuperación de excedentes, etc.

El acumulador atmosférico no tiene por qué ser de acero, puede ser de hormigón, en balsas con recubrimientos de plásticos capaces de aguantar temperaturas cercanas a 100°C, etc. Para temperaturas de acumulación superiores a 100°C, es necesario trabajar a presión para que el fluido no pase a fase vapor. En todos los casos los acumuladores tienen que estar adecuadamente aislados de acuerdo con las temperaturas que van a almacenar.

Además del almacenamiento en depósitos, también se puede utilizar como almacenamiento el terreno, utilizando sondeos o tuberías enterradas para intercambiar con el fluido que circula en la instalación solar, de una manera similar a como se hace en los sistemas geotérmicos.

En la “Guía Técnica de Solar Térmica” de IDAE y ASIT citada anteriormente se puede encontrar información adicional sobre los diferentes tipos de acumulación solar y su tipología así como en la información publicada por la Tarea 42 del programa IEA.SHC (“Materials for compact thermal energy storage”, <https://task42.iea-shc.org/>) y por la

Tarea 58 (“Material & Components for Thermal Energy Storage” <https://task58.iea-shc.org/>)

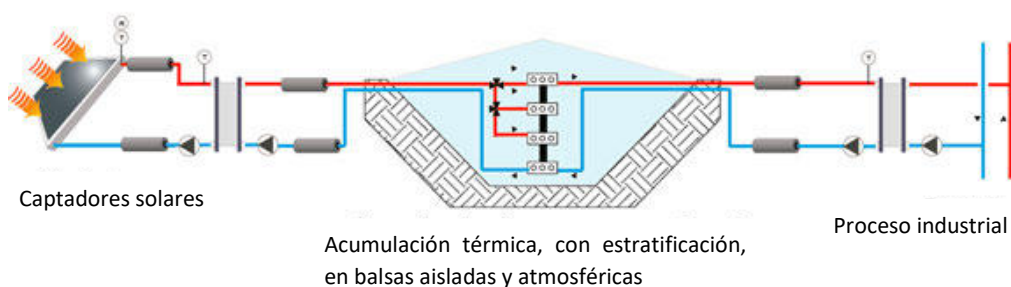


Figura 12: Acumulación solar para grandes volúmenes de acumulación a presión atmosférica

Una comparativa de gran interés es la realizada entre el almacenamiento térmico y el eléctrico realizada y que mostramos en la Figura 13 extraída de <https://heatroadmap.eu/project-reports/> y <https://www.youtube.com/watch?v=kgJ9khujDvA> donde se aprecia la enorme ventaja económica de los grandes sistemas térmicos de acumulación frente a la acumulación eléctrica.



Figura 13: Comparativa entre los costes unitarios de inversión entre la acumulación eléctrica y la acumulación en forma de calor

2.2. Indicadores clave de la tecnología solar térmica

2.2.1. Área total y área de apertura

El área total es el área bruta ocupada por el captador, en el mismo plano definido para el área de apertura. Los certificados de captadores refieren su curva de rendimiento al área total.

El área de apertura es el área proyectada máxima a través de la cual penetra en el captador la radiación solar sin concentrar. El área de apertura se determina en laboratorio y los datos son parte del certificado oficial de ensayo.

- Para un captador plano vidriado, convencional o de aire (con cubierta, el área de apertura coincide con el área del vidrio que protege al absorbente. (Figura 14)
- Para un captador de tubos de vacío, el área de apertura se calcula como el producto del número de tubos de vacío por el diámetro exterior del tubo de vidrio y por su longitud (Figura 15)
- Para un captador de tubos de vacío con reflector trasero, el área de apertura se calcula como el producto del número de tubos de vacío por el área de apertura de cada reflector trasero, que coincide con el producto del ancho máximo del reflector por su longitud. (Figura 16)

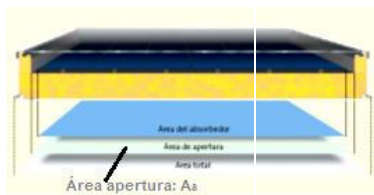


Figura 14: Área de apertura captador plano

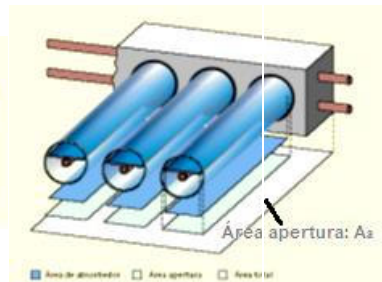


Figura 15: Área apertura tubos de vacío

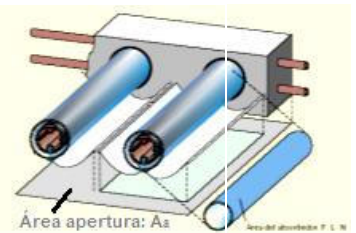


Figura 16: Área apertura tubos de vacío con reflector trasero

- Para un colector cilindro parabólico, el área de apertura se calcula como el producto del ancho máximo de la parábola por su longitud (Figura 17)
- Para un captador colector lineal de Fresnel, el área de apertura se calcula como la suma de las proyecciones sobre el plano horizontal de los espejos que forman el concentrador por su longitud cuando la radiación incide perpendicularmente al plano horizontal (Figura 18)

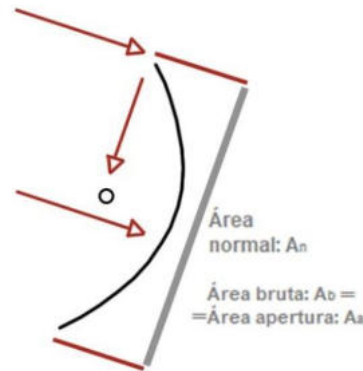


Figura 17: Área de apertura de un cilindro parabólico

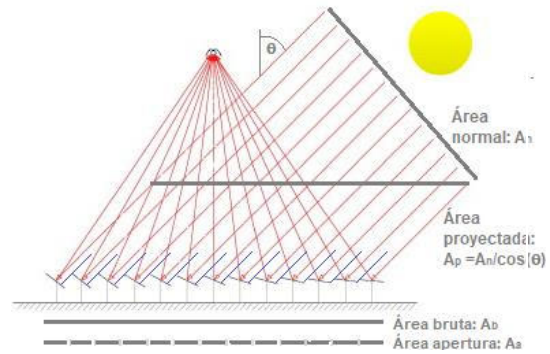


Figura 18: Área de apertura de un concentrador lineal Fresnel

- Para un captador concentrador TC-FTC, el área de apertura es el área que ilumina el absorbente cuando la radiación incide perpendicularmente al área de apertura del captador plano o de vacío que contiene su absorbente, ya sea con 2 reflectores (Figura 19) como con 1 reflector (Figura 20)

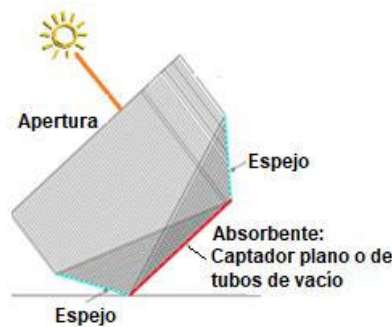


Figura 19: Área de apertura de un TC-FTC con 2 espejos

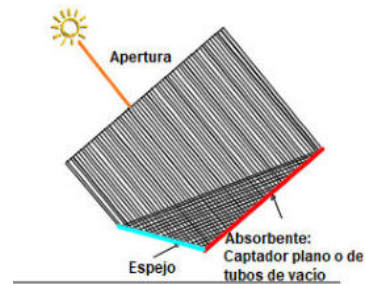


Figura 20: Área de apertura de un TC-FTC con 2 espejos

Como el área de apertura es un parámetro constante característico de cada captador, cuando el área que ilumina el absorbente (proyectada sobre el plano del área de apertura) para ángulos de incidencia no perpendiculares al área de apertura, es diferente, su efecto se considera en el modificador por ángulo de incidencia de la eficacia óptica que veremos a continuación. Este cambio de área de apertura es especialmente notable en los tubos de vacío con absorbente circular (como mostramos en la Figura 21) y con los TC-FTC.

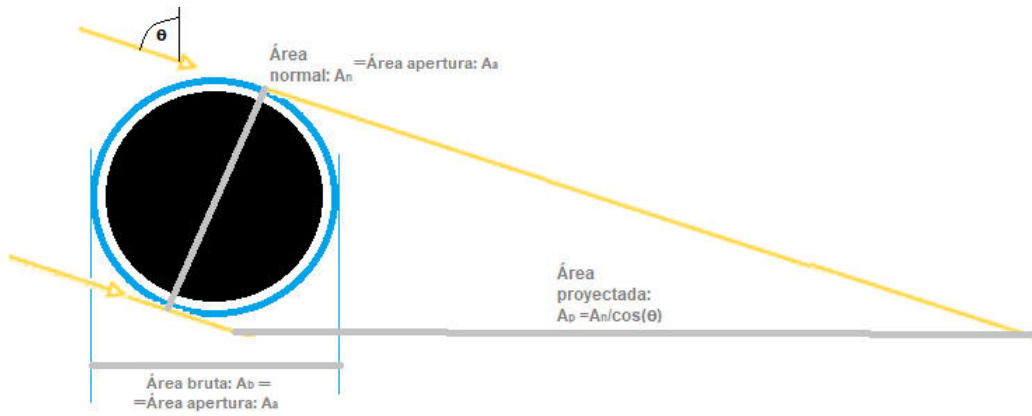


Figura 21: Área que ilumina el absorbente para un ángulo de incidencia θ , proyectada sobre el plano que define el área de apertura

2.2.2. Rendimiento instantáneo

Como hemos indicado, un captador solar térmico es un dispositivo diseñado para calentar un fluido utilizando la radiación solar. Desde ese punto de vista, lo que lo diferencia las diversas tecnologías solares es el punto del diseño elegido para el equilibrio que debe tener su capacidad de captar la radiación solar y las pérdidas térmicas hacia el ambiente. La presencia de cubiertas de vidrios, espejos, absorbentes no ideales, etc., reduce la capacidad de captar, pero también reduce las pérdidas térmicas. Ese equilibrio se muestra con la ecuación del rendimiento instantáneo del captador, η , que es la relación entre la energía térmica generada por unidad de área, calor útil solar (q_u) producido por el captador, y la irradiancia solar incidente. El calor solar a su vez es función de los parámetros de ensayo obtenidos por un laboratorio acreditado siguiendo la normativa (EN 12975) en vigor en España y en la UE y de la temperatura media del fluido (T_f), la temperatura ambiente (T_{amb}) y la radiación solar disponible en el plano de la apertura (I_a).

$$\eta_{solar} = \frac{Q_u}{I_a A_a} = \frac{q_u}{I_a} = \frac{\eta_o(\theta) * I_a - a_1(T_{fm} - T_{amb}) - a_2(T_{fm} - T_{amb})^2}{I_a}$$

$$= \eta_o(\theta) - a_1 \frac{(T_{fm} - T_{amb})}{I_a} - a_2 \frac{(T_{fm} - T_{amb})^2}{I_a}$$

donde:

A_a = área de apertura del captador

q_u = calor útil solar por unidad de área de apertura del captador

$\eta_o(\theta)$ = eficacia óptica referida a la temperatura media del fluido para un ángulo de incidencia determinado

$\eta_o(\theta) = \eta_o(\theta) * K(\theta)$, donde $\eta_o(\theta)$ es la eficacia óptica a incidencia perpendicular al plano de apertura y $K(\theta)$ es el modificador de la eficacia óptica por ángulo de incidencia θ .

a_1 = primer coeficiente de pérdidas térmicas referido a la temperatura media del fluido

a_2 = segundo coeficiente de pérdidas térmicas referido a la temperatura media del fluido

El primer término del calor útil por unidad de área de captación⁶ (q_u), cuantifica la capacidad de atrapar energía solar del captador en función de (η_o), una constante que se denomina eficacia óptica. El segundo y el tercer término cuantifican las pérdidas térmicas del captador, pérdidas que crecen con el salto térmico entre el captador y el ambiente en función del valor de los coeficientes de primer y segundo orden de las pérdidas (a_1 y a_2). Se observa que el rendimiento del captador aumenta al aumentar la eficacia óptica y disminuye al aumentar los coeficientes de pérdidas y que una vez fijados los parámetros característicos del captador (η_o , a_1 y a_2), el rendimiento se reduce tanto al aumentar el salto térmico como al reducir el nivel de radiación disponible.

En la Figura 22, mostramos el rendimiento instantáneo para captadores de las diversas tecnologías para un ángulo de incidencia nulo. Para que la comparativa sea homogénea, como I_{ap} hemos utilizado la radiación global sobre la apertura, teniendo en cuenta que los captadores de concentración no son capaces de captar la componente difusa de la radiación. Se observa que a partir de los 100 °C el rendimiento de los captadores solares planos disminuye sensiblemente mientras que el resto de captadores mantienen un adecuado rendimiento. Los concentradores cilindro parabólicos y los Fresnel solo presentan diferencias notables de mejora en su rendimiento para temperaturas superiores a los 150° con respecto a los captadores de tubos de vacío y los TC-FTC.

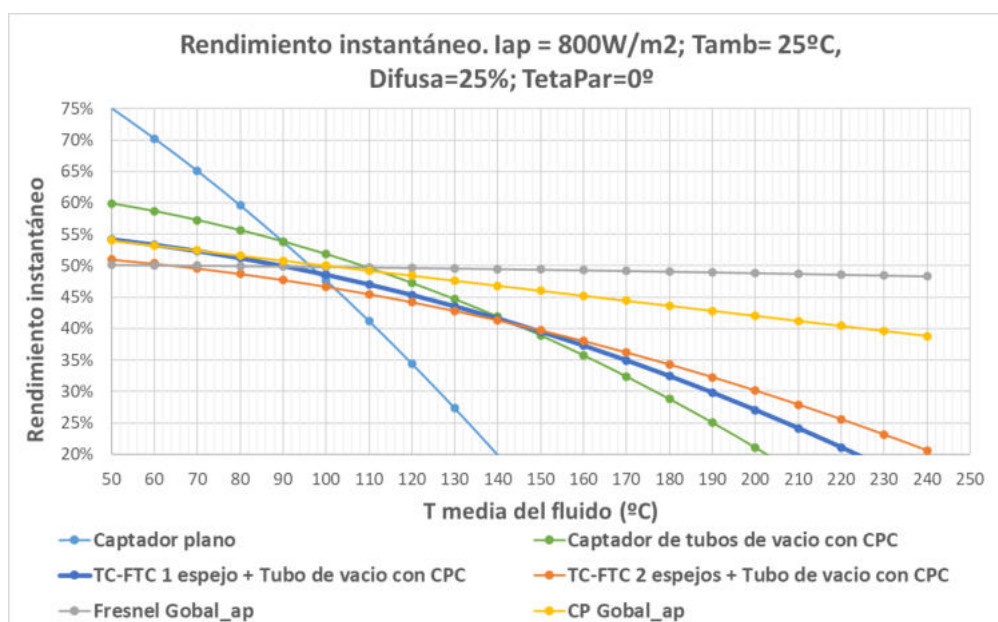


Figura 22: Rendimiento instantáneo, referido a la radiación global, de las tecnologías consideradas para un ángulo de incidencia nulo

Dada su influencia en la producción energética anual y la gran diferencia existente entre las diferentes tecnologías solares, en la Figura 23 se muestra el modificador por

⁶ El área que se suele utilizar como área del captador en el cálculo de rendimiento es el área de apertura o también el área bruta. Para realizar el cálculo de la productividad anual de un sistema solar es importante mantener la coherencia entre los parámetros utilizado y el área de cada unidad de captador solar

ángulo de incidencia para los captadores estacionarios y en la Figura 24 para los captadores con seguimiento.

Para que la comparativa sea homogénea, para el cilindro parabólico y el Fresnel hemos tenido en cuenta que como área que ilumina el absorbente, proyectada sobre el plano que define el área de apertura a incidencia cero, crece con el inverso del coseno del ángulo de incidencia transversal y hemos obtenido el modificador por ángulo de incidencia normalizado dividiendo el modificador por ángulo de incidencia obtenido en los ensayos, por el coseno del ángulo de incidencia (para el cilindro parabólico el modificador por ángulo de incidencia transversal es igual a 1 para todos los ángulos de incidencia, pero para el Fresnel no, ya que para ángulos de incidencia no perpendiculares a la apertura ($\theta=0$) los espejos se pueden hacer sombra entre ellos)

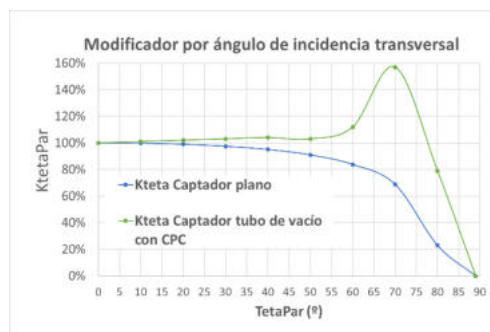


Figura 23: KtetaPar para captadores estacionarios

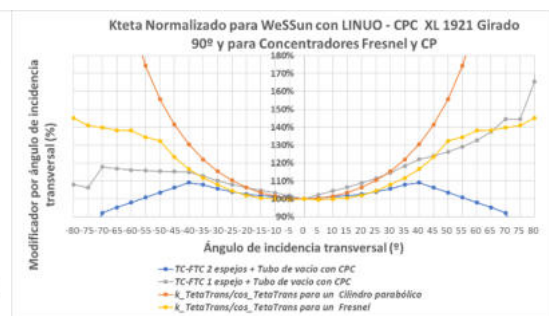


Figura 24: KtetaPar normalizado para captadores con seguimiento

2.2.3. Rendimiento anual y contribución solar

El rendimiento solar anual ($\eta_{\text{solar anual}}$) se calcula como el cociente de la suma de los valores instantáneos del calor útil solar y de la suma de la radiación solar disponible sobre la apertura

La contribución solar, cobertura solar o fracción solar, f_{solar} , es el cociente entre la cantidad de energía solar térmica aportada por el sistema solar durante un periodo de tiempo (día., mes, año) y la demanda energética requerida en ese mismo periodo, incluyendo en dicha demanda la energía necesaria para compensar las pérdidas térmicas en la distribución y acumulación.

Ambas variables están muy relacionadas y su relación depende del nivel de acumulación térmica y de los perfiles de la demanda y de la disponibilidad solar (Figura 25).

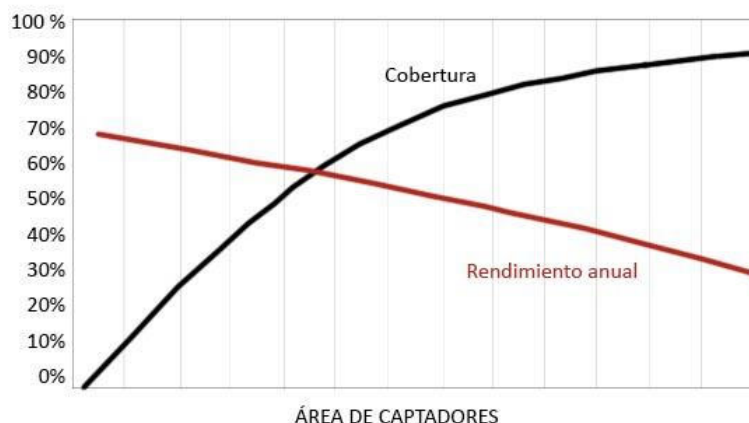


Figura 25: Rendimiento y cobertura solar anual

En general el rendimiento solar anual disminuye cuando crece la cobertura solar Figura 25 debido a que el aumento de cobertura solar siempre va asociado a un aumento de la temperatura media de trabajo de los captadores solares y por tanto con una reducción de su rendimiento.

El rendimiento instantáneo del captador influye en la productividad a largo plazo del sistema solar directamente, y a través de su influencia en la selección del resto de componentes (intercambiadores, acumuladores, tuberías, etc.), en combinación con el caudal de diseño de los circuitos hidráulicos. No hay que olvidar que el factor que realmente define el diseño de la instalación es la **producción solar a largo plazo del sistema** y no sólo el rendimiento instantáneo del captador. En ese sentido los aspectos a cuidar, además de los parámetros del captador, son:

- Nivel térmico de la demanda de calor
- Criterios de diseño: Especialmente la contribución solar, pues define los niveles de rendimiento alcanzables.
- Caudal: por su influencia en la estratificación en el acumulador solar y en la selección de tuberías e intercambiadores, junto con el salto térmico definirá la potencia de la instalación
- Dimensionado del intercambiador: por su influencia en el rendimiento a través del aumento de la temperatura de trabajo del captador que puede provocar si no se dimensiona para evacuar adecuadamente la energía captada.
- Tuberías: por su influencia en las pérdidas térmicas y en las pérdidas de carga del circuito en función de su longitud, diámetro y aislamiento.
- Almacenamiento: por su influencia en el rendimiento, ya que la temperatura en su parte inferior marca la temperatura de trabajo del captador, como resultado de su volumen y del nivel de estratificación térmica que presente. Además, en función de su volumen y geometría las pérdidas pueden ser importantes.
- Control y elementos de seguridad: ya que determina los tiempos de operación. El teleseguimiento y telecontrol son muy importantes ya que maximizan la disponibilidad de las instalaciones, evitando averías o paradas fortuitas

Una vez considerados estos elementos, se puede calcular el rendimiento solar anual ($\eta_{\text{solar anual}}$) a partir de la acumulación de los valores instantáneos del calor útil solar

(una vez descontadas las pérdidas térmicas en distribución solar y en acumulación) y de la radiación solar disponible. En el capítulo de “Cálculos”, describiremos los programas de cálculo más usuales.

Como indicadores adicionales para seleccionar los componentes de una instalación cabe destacar:

- Coste de la instalación completa: Incluyendo los captadores solares, red de tuberías, intercambiadores, acumuladores, aislamiento y su recubrimiento, estructura, refuerzos de cubierta, mano de obra, etc., requeridos por esos captadores.
- Durabilidad y calidad: Para garantizar el rendimiento óptimo durante el mayor número de años posible que maximice la rentabilidad de la inversión efectuada.
- Posibilidades de integración arquitectónica y de integración en el resto de las instalaciones industriales.
- Sencillez de mantenimiento, accesibilidad a equipos para revisión, reparación y limpieza en el caso de captadores
- Fabricación y reciclado no contaminante de todos sus componentes: Protegiendo el medio ambiente.
- El espacio disponible y las características de las cubiertas o terrenos adyacentes
- Parámetros financieros considerados en el cálculo: Objetivo del TIR solar y del valor de los parámetros de entrada, especialmente de la inflación del combustible.
- Valor del coste actualizado de la energía solar producida (LCoE)
- Competencia con renovables y sin renovables + Opciones de hibridación
- Otras consideraciones solares: Mejora de la calidad del aire de la ciudad (NOx), RSC, huella de carbono, marketing, etc.

2.3. Criterios para el cálculo de la producción y dimensionado de la instalación solar

Una de las diferencias principales a tener en cuenta a la hora de dimensionar las instalaciones solares térmicas es que éstas no son gestionables, es decir, que su capacidad instantánea de producción (potencia) no estará disponible siempre en el momento ni en la cantidad que la necesitemos, pero, sin embargo, podrá estarlo en el momento en el que no se precise.

En los sistemas convencionales la potencia del sistema se calcula para el instante en el que las condiciones sean más desfavorables en el que se obtiene el pico de la demanda. Los sistemas de energía solar requieren para evitar su sobredimensionado, tener en cuenta el perfil de demanda de todo el año, la radiación solar disponible, la temperatura ambiente y en el caso de circuitos abiertos, la variación de la temperatura de entrada del agua fría anual. En ese sentido se necesita información a lo largo de todo el año tanto de los parámetros climáticos de la ubicación como de la propia demanda.

Una vez conocida la demanda de energía, es importante que el método de cálculo sea capaz de tener en cuenta la ubicación donde se va a instalar y de los parámetros de los componentes del sistema y de su configuración.

2.4. Redes de calor y frío con solar térmica. Comunidades energéticas.

La utilización de redes de calor y frío en polígonos industriales es un concepto con gran potencial e interés, especialmente si se solarizan. Entronca con la tendencia de crear comunidades energéticas como uno de los caminos de mayor potencial a medio plazo y que cuenta con un amplio apoyo de las Administraciones Públicas⁷. Hasta ahora han tenido poco desarrollo en aplicaciones industriales, pero el sistema cuenta con numerosas referencias para el suministro de calor para agua caliente sanitaria y para calefacción a edificios, principalmente viviendas y sector servicios, especialmente en países como Dinamarca, Alemania, Suecia, etc.

Una de las grandes ventajas de las redes es que permite la hibridación de distintas fuentes renovables para conseguir sistemas 100% renovables combinando la solar térmica con biomasa, bomba de calor, fotovoltaica, etc.

⁷ <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>

3 Integración de la tecnología solar térmica en la industria

Las instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura permiten la producción de aire, agua caliente, agua caliente sobrecalentada y vapor a temperaturas que pueden alcanzar hasta 120 °C. Dicha producción energética puede ser aprovechada en procesos térmicos de la industria tales como secado, lavado, cocción, etc.

El uso de energía solar térmica en los procesos industriales tiene que ser analizado en el contexto de los requisitos y prioridades de cada industria, de manera que hay que tener en cuenta que:

- La seguridad y la garantía de suministro es determinante en la selección de los equipos de generación térmica para evitar discontinuidades en el proceso productivo que pueden derivar a su vez en pérdidas para la industria.
- El sector industrial tiende de forma natural a mejorar la calidad de sus productos y servicios y a optimizar el consumo energético de sus procesos mejorando la eficiencia energética, incorporando energías renovables, disminuyendo sus emisiones y también sus residuos. La conciencia ecológica se percibe por el cliente o usuario del producto o servicio, como una demostración de calidad y diferenciación, de manera que el producto 'Verde' es ahora demandado por una sociedad mucho más concienciada.
- En muchas ocasiones, a pesar de que el gasto energético es muy significativo y limita la rentabilidad de la industria, éste no se gestiona ni contabiliza separadamente para cada proceso, por lo que todavía hay bastante desconocimiento acerca de las posibilidades de ahorro energético/económico y en qué consumos es más importante. El conocimiento desagregado de los diferentes consumos existentes en una industria permite afrontar cada uno de una forma separada y específica ofreciendo para cada uno de ellos la solución que mejor se adecúa.
- En el sector industrial, habitualmente se suelen requerir periodos de retorno de las inversiones inferiores a los exigidos en otros ámbitos y se priorizan actuaciones directamente ligadas al proceso productivo y no tanto a su consumo energético. Si bien, esto depende del peso que tenga el coste del consumo energético con respecto al resto de costes que tenga que afrontar la industria.
- Dado que en el sector industrial no suele existir suficiente nivel de concienciación sobre la utilidad y rentabilidad del uso de energía solar térmica, el papel que pueden asumir las empresas de servicios energéticos que suministren la energía

térmica a la industria a un precio acordado, asumiendo la inversión y la explotación de la instalación solar, puede ser muy importante así como la información acerca de las posibilidades de mejora que puedan aportar las auditorías energéticas a las que se vean sometidas éstas.

- Las instalaciones solares térmicas son en general una energía de apoyo que supone un ahorro en consumo de energía convencional y que en ocasiones puede aportar el 100 % de la energía necesaria en las condiciones que se precisan, pero, a pesar del uso extensivo que han tenido en el sector de la edificación, son todavía bastante desconocidas y, por lo tanto, generan desconfianza a la hora de ser utilizados en procesos industriales.

3.1. Procesos térmicos en la industria

Los procesos industriales demandan energía térmica a diferentes niveles de temperatura y a través de procedimientos variados. Desde la sala de calderas, o la cogeneración el calor generado alcanza los diferentes procesos utilizando como fluido térmico agua o aire caliente, agua sobrecalentada, vapor de agua, aceite térmico, etc. (Figura 26)

Para realizar la alimentación de calor a varios procesos de una misma industria, que normalmente requieren diferentes potencias/caudales y diferentes temperaturas, es necesario que el suministro general sea capaz de prestar el servicio en las condiciones más desfavorables de caudal y temperatura lo que condiciona el funcionamiento del sistema completo y la forma de acoplamiento de la instalación solar térmica. Es fundamental diferenciar las temperaturas de los procesos y las de suministro de calor, pues muchas veces el sistema de suministro de calor fija su nivel térmico para poder aportar el calor en las condiciones requeridas por el sistema que requiere una mayor temperatura, mientras que otros procesos pueden requerir temperaturas significativamente menores

A la vez que se analizan las posibilidades de integración de la instalación solar, es necesario introducir en cada uno de los procesos y en el diseño del sistema completo las medidas de ahorro y eficiencia energética que sean técnica y económicamente viables.

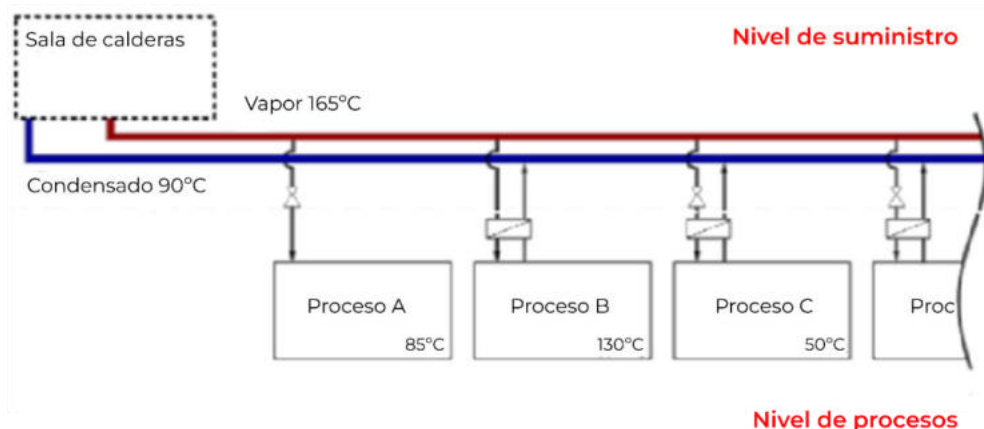


Figura 26: Distribución del calor a los diversos procesos

Un ejemplo de aplicación a varios procesos concretos sería el siguiente (Figura 27):

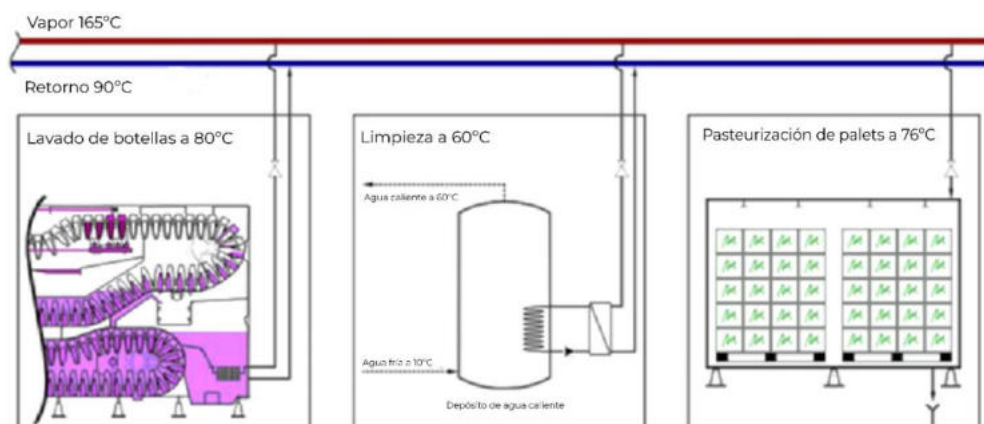


Figura 27: Ejemplo de reparto de calor a diversos procesos

3.1.1. Niveles de temperatura en procesos

Una parte significativa de la demanda de calor en las aplicaciones industriales se realiza a baja temperatura como ocurre en algunos sectores entre los que destacan el agroalimentario, bebidas, papel, tratamiento de metales, ladrillos, textil y otros y para diversos procesos como son limpieza, secado, evaporación y destilación, escaldado, pasteurización, esterilización, cocción, fundición, pintura, tratamiento de superficies.

Se indican en la siguiente tabla los rangos de las temperaturas para algunos de los procesos incluidos en los sectores indicados.

SECTOR INDUSTRIAL	UNIDAD DE OPERACIÓN	RANGO TEMP. (°C)
Agroalimentario	Secado	30-90
	Tratamiento térmico	40-60
	Pasteurización	60-80
	Lavado	60-90
Bebidas	Pasteurización	60-70
	Lavado	60-80
	Esterilizante	60-90
Industria del papel	Cocinar y secar	60-80
	Agua para la caldera	60-90
Tratamiento superficial metal	Tratamiento, electrodeposición, etc.	30-80
Ladrillos y bloques	Curación	60-140
Industria textil	Lavado	40-80
	Blanqueamiento	60-100
	Teñido	70-90
Todos los sectores industriales	Calefacción de edificios de fábrica	30-80
	Pre calentamiento alimentación caldera	30-100
	Enfriamiento solar industrial	55-180

Tabla 5: Rangos de las temperaturas para algunos de los procesos

Hay que destacar que el consumo térmico de un proceso industrial se puede descomponer, como se establece en la metodología EINSTEIN:

Arranque: calentamiento inicial de un equipo (por ejemplo, un baño) después de una parada, hasta alcanzar la temperatura de proceso. Por tanto, una parte importante del aporte energético puede ser a temperaturas muy inferiores a la temperatura de proceso.

Circulación: calentamiento de flujos entrantes desde una temperatura inicial de entrada hasta la temperatura de proceso. En este caso parte de la energía aportada puede ser a temperaturas muy inferiores a la de la temperatura de proceso. (Por ejemplo, llenado de los baños con agua de red)

Mantenimiento: es el consumo energético necesario para mantener el equipamiento del proceso a una temperatura determinada. Este aporte energético se requiere a un nivel de temperatura igual o superior a la temperatura de proceso.

La distribución del consumo energético de un proceso en los componentes arranque, circulación y mantenimiento depende de las características de cada proceso específico teniendo en cuenta el tipo maquinaria utilizada, la modalidad de funcionamiento etc.

3.1.2. Principales procesos y aplicaciones

Aunque más adelante se describen los consumos energéticos asociados a los diferentes sectores, en este apartado, se destacan los procesos más importantes en relación con la viabilidad y potencial de utilización de instalaciones solares térmicas en los sectores más significativos:

Industrias cárnicas: La aportación solar se centra en los procesos con demandas inferiores a 100 °C:

- Calefacción naves y oficinas.
- Secaderos y estufaje.
- Agua caliente limpieza.
- Escaldado y depilado.
- Esterilización cuchillos y utensilios de trabajo.
- Cocción (inmersión en agua).
- Cocción y ahumado (hornos aire seco).

En casos particulares sin restricción de superficie es posible también cubrir adicionalmente parte de las demandas de vapor de autoclaves y otros usos de vapor.

Industrias lácteas: La aportación solar se centra en los procesos con demandas inferiores a 100 °C, con una aportación importante para la generación de frío:

- Calefacción naves y oficinas.
- Agua caliente limpieza.
- Termización/higienización.
- Desnatado.

- Pasteurización.
- Esterilización.
- Fermentación del yogur.
- Coagulación del queso.
- Fusión del queso.

En casos particulares sin restricción de superficie es posible también cubrir adicionalmente parte de las demandas para el precalentamiento en el proceso de secado (deshidratación) y de tratamiento UHT.

Panadería y pastelería: La aportación solar se centra en los procesos con demandas inferiores a 60 °C y a la generación de frío para aire acondicionado:

- Calefacción naves y oficinas.
- Agua caliente limpieza.
- Fermentación.
- Reposo.

Industria de la madera y el corcho: La aportación solar se centra en los procesos con demandas inferiores a 130 °C:

- Calefacción naves y oficinas.
- Secado.
- Impregnación.
- Recubrimiento.
- Baños calientes a baja temperatura.
- Baños calientes a alta temperatura.

Productos farmacéuticos: La aportación solar se centra en los procesos con demandas inferiores a 110 °C:

- Calefacción de naves y oficinas.
- Producción de benzodiazepinas.
- Producción de penicilina.
- Extracción de alcaloides de indol.
- Oxidación de pirazolidona.
- Secado de pirazolona.
- Fermentación de B12.
- CIP.
- Concentración.
- Secado de pastillas.
- Esterilización (precalentamiento).

En casos particulares sin restricción de superficie es posible también cubrir adicionalmente parte de las demandas de calor a temperaturas superiores.

3.1.3. Caracterización de la demanda para incorporar energía solar térmica

Desde el punto de vista técnico, los principales parámetros a considerar para la incorporación de energía solar térmica en un proceso industrial son:

- El nivel térmico de la demanda de calor, esto es, la temperatura de entrada, salida del producto y/o de operación del proceso;
- El fluido utilizado. Verificar si es necesario realizar algún tipo de intercambio entre el fluido utilizado en la propia generación solar o en la acumulación y el fluido utilizado en el proceso (aire, aceite, vapor, etc.). Por ejemplo, en el caso de precisar aire caliente para secado o vapor, estos pueden ser generados directamente en el sistema de captación y utilizado en el proceso.
- El espacio disponible, ya sea en el recinto de la industria o en sus proximidades, para la implementación del sistema solar y las características físicas del terreno o de las cubiertas disponibles incluyendo la posibilidad de utilizar el espacio de terceros.
- Perfil diario, semanal y anual de la demanda de energía del proceso.
- Los parámetros financieros considerados en el cálculo del coste de la energía producida con solar, especialmente, las estimaciones sobre la variación de los costes futuros de la energía aportada por el sistema de suministro de calor existente en la industria y los objetivos que establezca la industria sobre la rentabilidad de la inversión solar.
- Los requisitos establecidos por la industria tanto de interacción con el proceso como los relacionados con la Responsabilidad Social Corporativa, la huella de Carbono y el marketing.
- Dificultad para definir/encontrar el punto de conexión para realizar el acoplamiento solar al proceso que no interfiera con él.

y también:

- los caudales máxicos del producto y del fluido caloportador (kg/s); la presión de vapor o de trabajo (bar);
- la capacidad calórica del producto y del fluido caloportador (kJ/kg K);
- la humedad del producto a la entrada y salida de la operación cuando corresponda (%);
- el consumo de energía por cantidad de producto (kWh/kg).

Una prioridad clara en el diseño de cualquier sistema de producción de solar térmico para un proceso es el de garantizar los requisitos exigidos por el proceso industrial. Por lo tanto, para la solarización de un proceso es imprescindible empezar por analizar la configuración del proceso industrial y del sistema de suministro convencional de calor (agua caliente, vapor, etc.) ya sea directamente o mediante intercambiadores de placas, intercambiadores sumergidos en los baños del proceso, camisas calefactoras, etc.⁸

⁸ Dado que normalmente el consumo de un proceso industrial no varía significativamente con la eficiencia de los intercambiadores que conectan la demanda con el circuito de aporte de calor al proceso, la eficiencia de los intercambiadores no suele ser muy alta (dado que el rendimiento del generador no suele cambiar con la temperatura de operación y es por tanto insensible a la temperatura del retorno del proceso). Como a la eficiencia del sistema solar si que le influye la temperatura de retorno del proceso, una cuestión

El acoplamiento de una instalación solar en el proceso industrial puede realizar en numerosos puntos. En el siguiente esquema se muestran las diferentes alternativas de conexión (Figura 28)

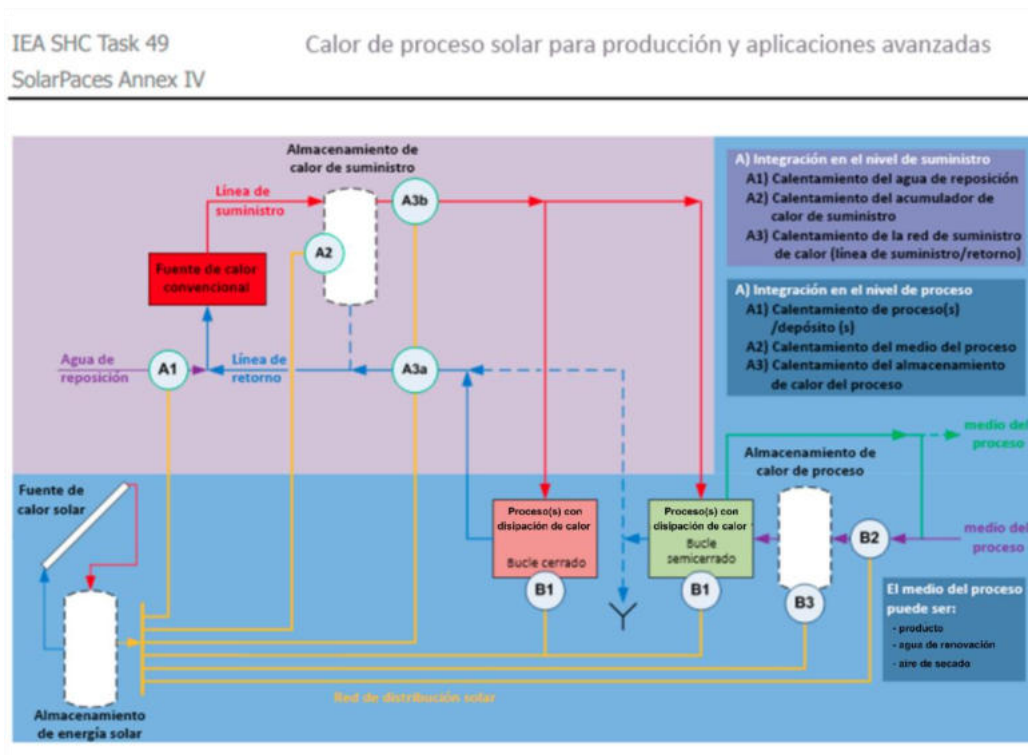


Figura 28 Posibilidades para la integración solar en el proceso (AEE INTEC, 2012)

En la configuración usual para maximizar la productividad solar, el sistema solar y el principal o auxiliar se conectan en serie (Figura 29, puntos A1 o A3a en Figura 28), de manera que la producción solar precalienta el agua de entrada de la red, o del retorno del proceso, hasta el máximo nivel térmico posible, en función de las condiciones de la instalación y la época del año, y el sistema auxiliar termina de calentar el Agua de Proceso a la temperatura deseada. Cuando se necesite independizar totalmente el sistema solar del proceso, la conexión es en paralelo y la instalación solar se controla para que la temperatura que suministre sea la requerida por el proceso industrial. Esta última configuración es bastante típica para sistemas de producción de vapor (Figura 30, punto B1 en Figura 28) y cuando se quieren independizar los sistemas de generación solar y convencional, como puede ser en procesos que requieren el calentamiento y mantenimiento de la temperatura de un baño, una máquina o un tanque. En la Figura 31 mostramos un caso particular de esquema con precalentamiento para el caso de contar con un sistema de recuperación de calor (p.e calor de condensación del proceso). En la Figura 32 mostramos un esquema tipo para la producción de frío mediante una enfriadora de absorción alimentada por energía solar térmica. En algunos casos, se podrá hacer conexión en serie y paralelo. Es decir,

que siempre conviene valorar es el mejorar la eficiencia del intercambiador del proceso para que la temperatura de retorno del proceso sea lo más fría posible.

que en algunas épocas del año solo precaliente y en otras pueda dar el 100 % del proceso pudiendo “apagar” el sistema convencional.

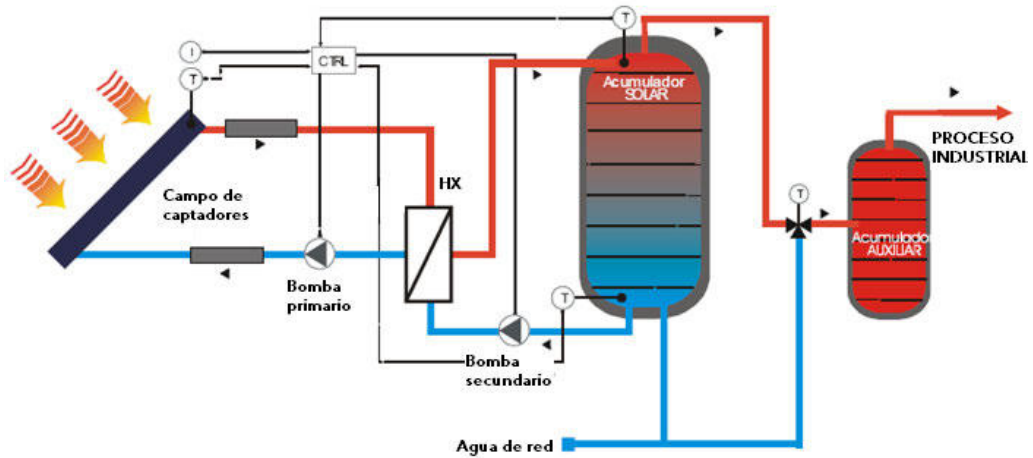


Figura 29: Esquema de principio tipo para calor de procesos con solar. Conexión en serie

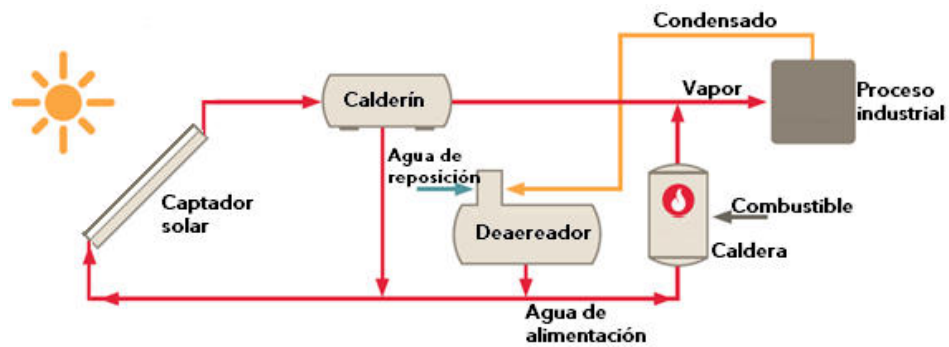


Figura 30 Esquema de principio tipo para calor de procesos con solar: Conexión en paralelo

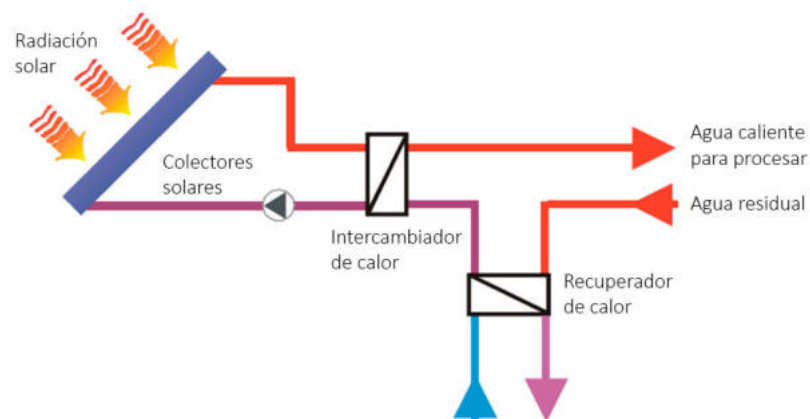


Figura 31 Hibridación con sistemas de recuperación de calor

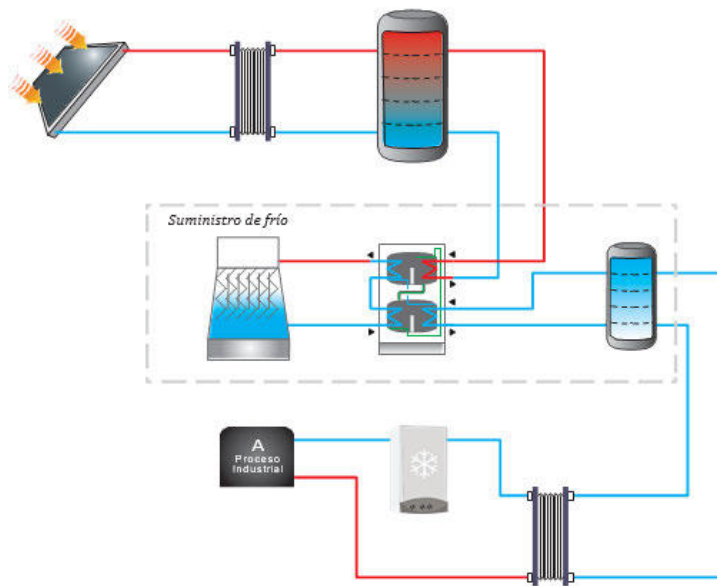


Figura 32: Esquema para la producción de frío para un proceso industrial

En la información publicada en la tarea 49 del programa Solar Heating and Cooling de la Agencia internacional de la energía “Solar Heat for Industrial Processes (SHIP)” se puede profundizar sobre estos aspectos para el acoplamiento solar <http://task49.iea-shc.org>.

Una descripción pormenorizada de las diversas maneras de acoplar un sistema solar a un proceso se puede encontrar en http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER para las operaciones de distintos procesos industriales:

- Limpieza
- Fundición
- Prensado
- Secado
- Evaporación y destilación
- Escaldado
- Pasteurización
- Esterilización
- Cocinado
- Calefacción de proceso
- Calefacción de salas de producción
- Refrigeración de salas de producción
- Procesos de enfriamiento
- Fundido
- Extracción
- Apresto
- Blanqueo
- Pintura
- Tratamiento de superficies
- Laminación

3.1.4. Acoplamiento en los sistemas de generación de calor

Como se muestra en la (Figura 28), la integración en los sistemas de producción de calor puede hacerse de múltiples maneras.

- Como sistema de precalentamiento, o de calentamiento del retorno en sistemas con recirculación o cerrados: Además permitir trabajar a menor temperatura se evita la dependencia directa de las temperaturas de suministro requeridas y de los posibles cambios que pueda haber en los procesos.
- Como sistema de aporte a la temperatura de suministro: el punto de conexión requiere mayor temperatura y una estabilidad de suministro que mantenga estrictamente las temperaturas de consigna establecidas.
- En el caso de sistemas que utilizan vapor se puede realizar el acoplamiento para precalentamiento del agua de alimentación al generador de vapor o en el retorno.

Para la integración de una instalación solar térmica en una instalación industrial es necesario conocer los sistemas de generación de calor, de distribución y de transferencia de energía en los diferentes procesos diferenciando las temperaturas de cada proceso y la de suministro para poder identificar en que parte del proceso la conexión supondrá la mejor utilización de la energía solar. En la Figura 33, mostramos un ejemplo de proceso industrial alimentado por un generador de vapor.

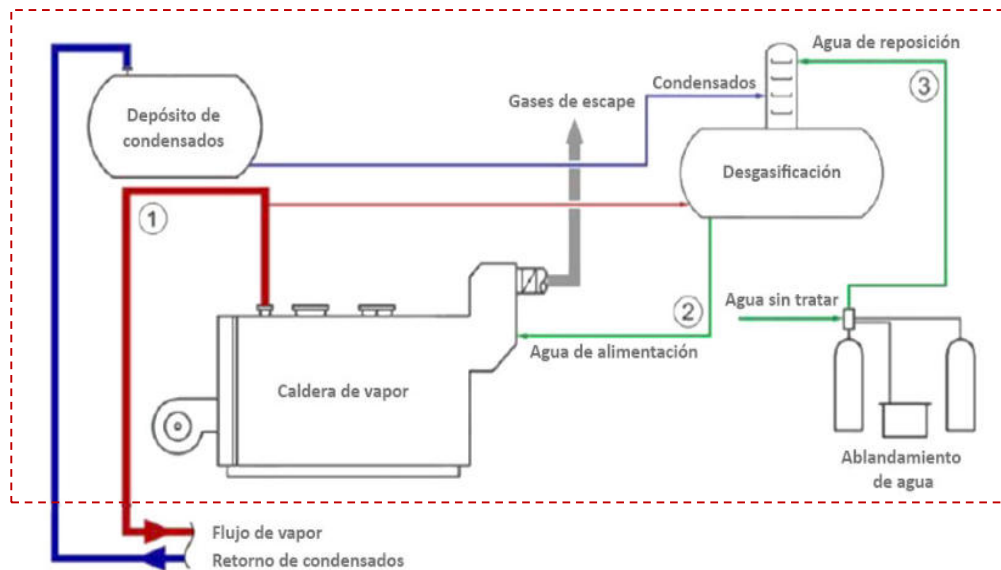


Figura 33: Ejemplo de proceso industrial de producción de vapor

La temperatura de suministro de calor por el generador convencional suele ser mayor que la temperatura del proceso y, a veces, muy superior a ella. En estos casos, para favorecer la integración de la instalación solar térmica, es conveniente evaluar las posibilidades de reducir previamente la temperatura de suministro al proceso. Para ello se tiene que determinar la temperatura mínima necesaria de suministro y analizar los efectos inducidos en el dimensionado de los sistemas de transferencia de calor existentes.

Las instalaciones solares de baja temperatura pueden utilizarse (ver Figura 34):

1. En los sistemas de producción de calor como precalentamiento de alimentación al generador.
2. En los sistemas de distribución, transferencia o recuperación de calor
3. Directamente en cada uno de los procesos

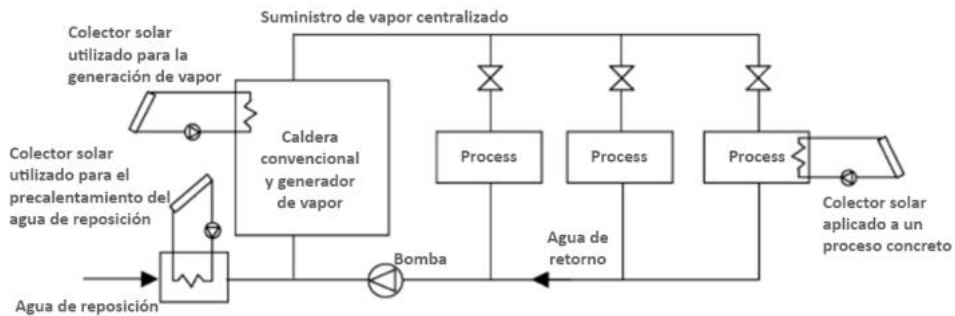


Figura 34: Opciones de acoplamiento solar en los procesos industriales

Como muestra de los sistemas de acoplamiento a las distintas operaciones, en la Figura 35 mostramos el detalle del acoplamiento solar para el precalentamiento del retorno del proceso y en las Figura 37 y 38 dos esquemas tipo para la producción de vapor a baja y a media presión

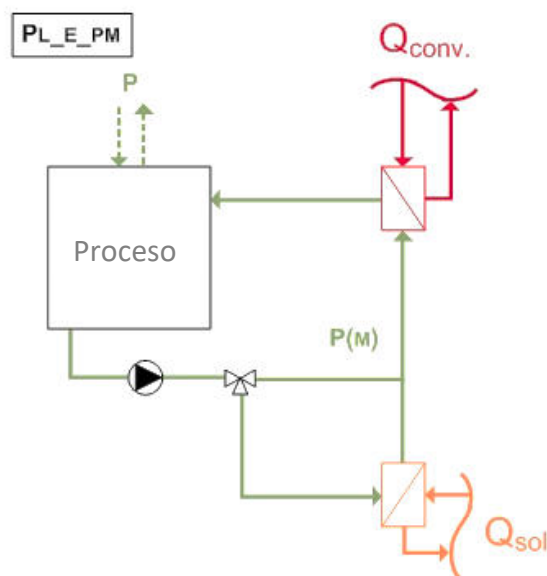


Figura 35; Acoplamiento en serie: Solar para el precalentamiento del retorno del proceso (Calentamiento indirecto con intercambiador externo) http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER

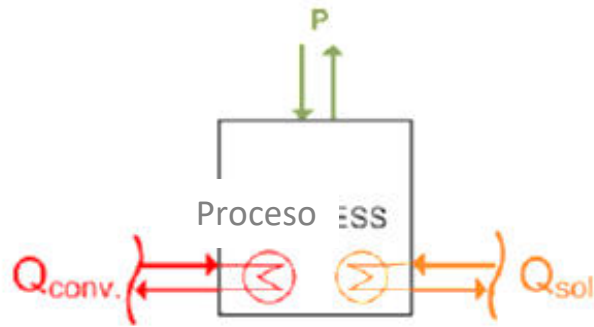


Figura 36: Acoplamiento en serie: Solar para el precalentamiento del retorno del proceso (Calentamiento indirecto con intercambiador interno) http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER

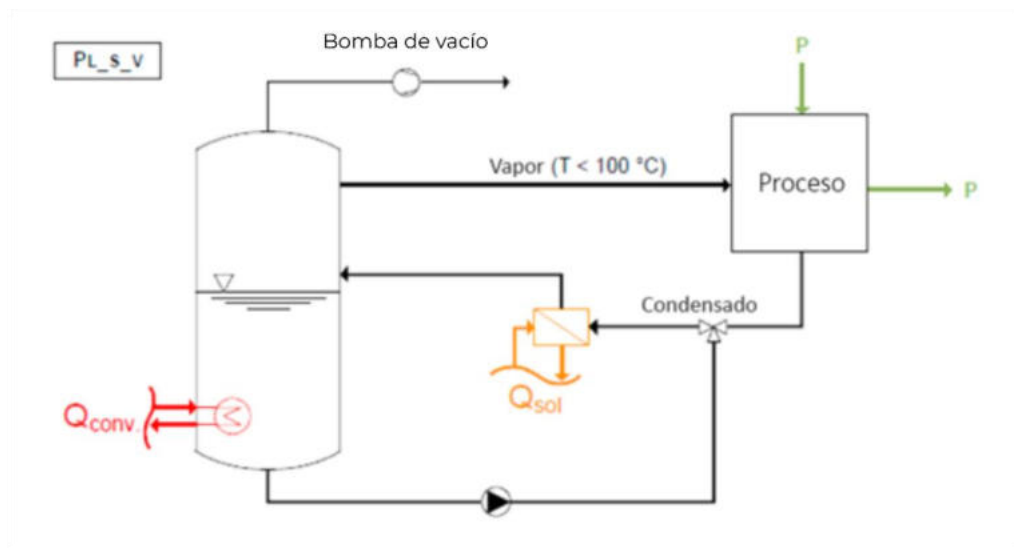


Figura 37: Acoplamiento en paralelo: Solar para la producción directa de vapor ($T < 100\text{ °C}$) para el proceso http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER

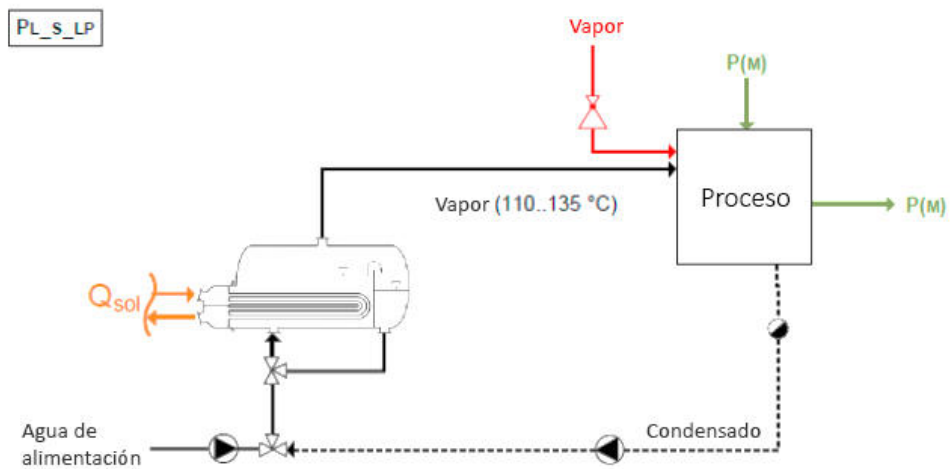


Figura 38: Acoplamiento en paralelo: Solar para la producción indirecta de vapor ($T > 100\text{ °C}$) para el proceso http://www.zero-emissions.at/index.php?title=EFFICIENCY_FINDER

3.2. Diseño de las instalaciones solares térmicas para industrias

El objetivo del diseño de la instalación solar térmica tiene que ser el alcanzar una solución segura y fiable que minimice el coste de la producción solar a lo largo de su vida útil. Un sistema solar para calor de Proceso está constituido por el captador solar, el subsistema de almacenamiento, el de transporte de energía (tuberías, bombas, intercambiadores) y el de utilización o consumidor de la energía solar captada.

Aunque la tecnología solar aplicable sea muy similar y, en general, sean los mismos criterios de diseño que se utilizan para las instalaciones solares para calentamiento de agua del sector edificatorio puede haber algunas diferencias específicas que es importante conocer:

- Las temperaturas de los procesos o del suministro ya indicadas que pueden requerir captadores más eficientes a mayores temperaturas y en su caso que los restantes sistemas de la instalación solar sean aptos para trabajar a las temperaturas de funcionamiento exigidas por el proceso.
- Pueden existir potencias y caudales punta muy importantes que pueden ser necesarios para determinados procesos
- Es fundamental que la integración de la instalación solar no afecte al correcto funcionamiento del proceso productivo y solamente intervenga en reducir el consumo energético. La instalación solar y la del proceso deben de ser independizables.
- La evolución horaria, diaria, semanal y mensual de los consumos puede necesitar una atención especial en el diseño de la instalación sobre todo de los sistemas de acumulación y de control. A título de ejemplo:
- Hay procesos de funcionamiento continuo que pueden exigir una forma de acoplamiento y un sistema de control optimizado para cualquier aporte solar.
- Hay industrias que no operan los fines de semana por lo que es necesario ajustar el dimensionado de la instalación y, sobre todo, el sistema de acumulación si se quiere aprovechar el calor producido durante los periodos en los que no hay consumo.
- De forma similar cuando las industrias dejan de producir durante un largo periodo (meses) por vacaciones o por estacionalidad en el proceso productivo, hay que adoptar las medidas necesarias en el diseño.

La mayor parte de los equipos y componentes de una instalación solar son semejantes a los de una instalación convencional de producción de Agua Caliente de Proceso y/o calefacción. Muchos de estos componentes se pueden seleccionar con criterios semejantes a los utilizados para su uso en una instalación convencional (p.e. los diámetros de las tuberías), mientras que otros precisan criterios distintos (p.e. el vaso de expansión del primario solar), debido a las diferentes temperaturas de trabajo que puede implicar que las exigencias sobre los materiales de un circuito primario pueden ser superiores a las del proceso

Teniendo en cuenta que, en general, el objetivo que ha de guiar el diseño es el conseguir el coste mínimo de generación de la energía suministrada por el sistema solar durante el periodo previsto de funcionamiento, los condicionantes principales del diseño de una instalación solar para proceso son:

- Las especificaciones de la Propiedad, tanto sobre los requisitos para cubrir la demanda energética como sobre cualquier elemento o barrera que imponga limitaciones a la instalación solar.
- La demanda de energía necesaria a cubrir y el punto de acoplamiento.
- El perfil de la demanda a lo largo del día, de la semana y de los meses.
- El tipo de sistema convencional de producción de calor para el Proceso: calderas, tipo de combustible o resistencia eléctrica, bomba de calor, cogeneración, etc.
- El tipo de sistema convencional de suministro de calor para el Proceso: Intercambiadores, baños, etc.
- Los requisitos regulatorios, las especificaciones técnicas de las instalaciones, su integración arquitectónica y su mantenimiento y seguridad.
- La climatología del lugar de la instalación: nivel de radiación, riesgo de heladas, carga de viento, temperatura ambiente, temperatura del agua de red (para circuitos abiertos), etc.
- El espacio disponible para colocar tanto los captadores solares de forma ordenada, libres de sombras, así como el resto de los elementos de la instalación (especialmente la acumulación solar), tipo de ubicación (suelo, cubierta, terraza, etc.) y su orientación e inclinación, así como las distancias y las diferencias de cotas entre la ubicación de los captadores solares, la acumulación solar y el sistema convencional.
- Accesibilidad para el mantenimiento.
- Las características de los captadores solares, los acumuladores, los intercambiadores, las bombas y los demás elementos de la instalación solar con sus requisitos y opciones de montaje.
- Las exigencias en los materiales y componentes en función de los niveles de temperatura y presión de trabajo en operación normal y especialmente en estancamiento (cuando hay un elevado nivel de radiación solar y el captador solar no se refrigera al haber parado el control la bomba de circulación por estar el acumulador completamente lleno a la temperatura máxima) para garantizar la seguridad funcional y de uso durante muchos años.
- Coste de la instalación completa.
- Costes de operación y mantenimiento: requisitos de mantenimiento, pequeños consumos eléctricos en bombeo, etc.

Las principales diferencias en los criterios de diseño surgen de las características específicas de los sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar, los captadores, que pueden condicionar la selección, diseño y dimensionado del resto de elementos.

	Sistema convencional de generación de calor	Sistema solar de generación de calor	Consecuencia de la diferencia
Criterio general de diseño	Cubrir las necesidades máximas de la demanda energética en cualquier instante: Se calcula la POTENCIA requerida en el peor de los casos posibles, es decir en el punto de	Se define una contribución solar anual objetivo sobre la demanda energética y la potencia solar se determina para	Los sistemas solares se dimensionan utilizando los valores horarios de demanda y disponibilidad del recurso solar

	diseño. Puede existir potencia fraccionada de manera que la generación se pueda adaptar de la mejor forma posible a la demanda permitiendo que los equipos funcionen en régimen permanente el máximo tiempo posible.	alcanzar dicha contribución.	de manera que su producción energética abastece al proceso diariamente de manera continuada a lo largo de un determinado número de horas. Los sistemas convencionales sólo requieren valores instantáneos correspondientes a la potencia máxima a satisfacer.
Influencia del resto de los componentes del sistema en la producción del generador de calor a través de la influencia de la temperatura de retorno desde la demanda en el rendimiento del generador de calor	En general, tiene una influencia reducida	Tiene una influencia muy significativa en tanto en cuanto las características de los componentes del sistema influyen en la temperatura de retorno a los captadores solares. Cuanta más alta es la temperatura de entrada a los captadores, peor es el rendimiento del sistema solar. Necesitaremos, por lo tanto, una mayor área de captación para producir la misma energía que en el caso en el que la temperatura de retorno fuera menor.	La clave del diseño solar es minimizar la temperatura de entrada a los captadores para maximizar el rendimiento anual, considerando las disponibilidades económicas y de aporte solar requerido
Influencia del nivel de radiación solar	No tiene ninguna influencia.	La producción solar no es proporcional al nivel de radiación solar disponible.	El factor que relaciona la productividad de 2 instalaciones solares idénticas situadas en 2 lugares con diferentes niveles de radiación solar disponible sobre el plano de

Estructura de costes de la energía	La inversión inicial en los equipos generadores de calor no es el componente crítico en los costes energéticos. Sí lo es el coste de la fuente de energía utilizada (combustible, electricidad, etc.) y su evolución futura.	La inversión inicial en los equipos generadores de calor sí es el componente crítico en los costes energéticos. El ahorro energético (combustible, electricidad, etc.) producido a lo largo de toda su vida útil permite amortizar la inversión.	apertura es tanto mayor cuanto mayor es el nivel de radiación solar disponible. La clave del diseño solar es garantizar el ahorro durante el máximo tiempo posible y con una inversión mínima.
--	---	---	--

Tabla 6: Principales diferencias en los criterios de diseño de las instalaciones

En la “Guía Técnica de la Energía Solar Térmica” elaborada por ASIT para IDAE y ASIT se pueden encontrar estos conceptos desarrollados para aplicaciones de ACS y piscinas. En los próximos apartados nos centraremos en los elementos específicos de las aplicaciones para procesos industriales no cubierto por dicha Guía.

4 Consumo de energía térmica y potencial solar

Este capítulo resume los resultados de informes publicados que incluyen la caracterización de la demanda térmica en la industria con el objetivo de evaluar el potencial de aplicación de la tecnología solar térmica analizando los sectores y procesos con mayor potencial, sus rangos de temperatura, los combustibles utilizados e identificando sus características principales (temperaturas, tipo de fluido, perfiles de uso, et.).

Como introducción se dan algunas referencias de esa información a nivel mundial y europeo y se destacan los datos fundamentales sobre las demandas y las formas de energía que se utilizan en las industrias. Esta información permite confirmar que existe un evidente potencial de intervención en los diferentes mercados internacionales.

Se analizan con más detalle los datos a nivel nacional para conocer consumos térmicos por sectores y procesos de forma se pueda definir el potencial solar térmico para cada una de las aplicaciones industriales.

4.1. Consumo mundial de calor

Según el informe de la Agencia Internacional de la Energía IEA⁹, el calor es el uso final de energía más grande a nivel mundial, representando casi la mitad del consumo de energía final en 2021, significativamente más que la electricidad (20%) y el transporte (30%). Los procesos industriales son responsables del 51% de la energía consumida para el calor, mientras que otro 46% se consume en los edificios para calentar espacios y, en menor medida, agua de uso sanitario. El resto se utiliza en agricultura, principalmente para calefacción en invernaderos.

El suministro de calor sigue dependiendo en gran medida de los combustibles fósiles y contribuyó con más del 40% (13,1 GT) de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía en 2020. Las fuentes de energía renovables modernas, que excluyen los usos tradicionales de la biomasa, contribuyeron solo con el 11% (23 EJ) de la energía utilizada para el calor en 2020.

Aunque las diferentes estadísticas de consumo energético siempre destacan mucho más el consumo de electricidad, lo cierto es que en el sector industrial el consumo final

⁹ IEA "Renewables 2021 - Analysis and forecast to 2026"

de energía térmica es mucho mayor y, en concreto a nivel mundial, del consumo de energía final en la industria un 74% es calor y un 26% en electricidad.

En el reparto de las demandas por nivel térmico (Figura 38), se observa que las demandas de calor y frío que se puedan cubrir con sistemas solares de baja temperatura representan el 30% del total. La producción de frío con sistemas térmicos solares requiere la utilización de enfriadoras por absorción.

GRAN DEMANDA DE CALOR EN LA INDUSTRIA A NIVEL GLOBAL

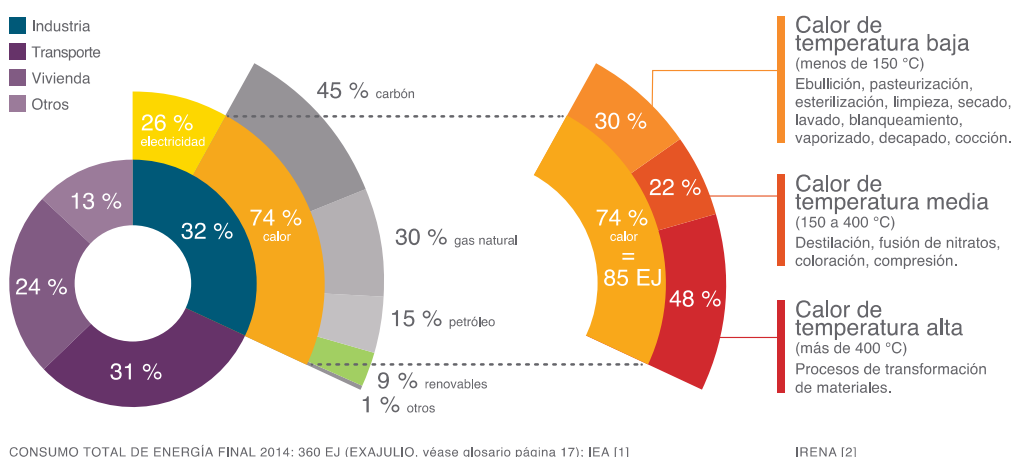


Figura 39: Demanda de calor de procesos en la industria mundial

4.2. Potencial solar térmico en el mundo

La hoja de ruta y previsiones de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) para 2050 prevé producir 16,5 EJ (4.583 TWh_{te}) de calor solar anualmente, más del 16% del uso total de energía final para calor a baja temperatura (Figura 10):

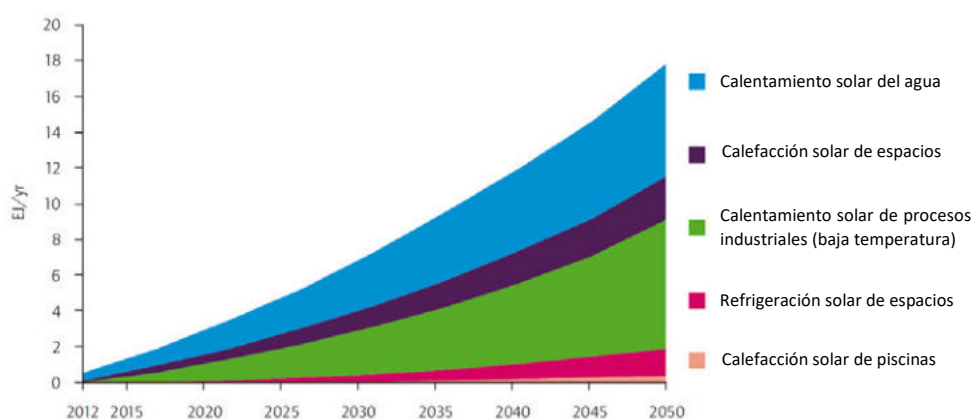


Figura 40: Previsión de evolución de la demanda de calor mundial

En el caso de calor de procesos, la energía solar térmica tiene un importante papel que desempeñar en el sector industrial y, para 2050, el escenario estima que el potencial de calor solar en aplicaciones industriales puede contribuir hasta 7,2 EJ/año sobre la base de una capacidad instalada de más de 3.200 GWt (más de 4.500 millones de

metros cuadrados), en aplicaciones industriales de baja temperatura hasta 120°C. El calor de proceso solar representa el 20% del uso de energía para el calor industrial de baja temperatura en ese momento.

Esta previsión incluye, además, las siguientes contribuciones:

- Los colectores solares para agua caliente sanitaria y calefacción de espacios en edificios podrían alcanzar una capacidad instalada de casi 3500 GWt, satisfaciendo anualmente alrededor de 8,9 EJ de demanda de energía para agua caliente y calefacción de espacios en el sector de la construcción para 2050. El agua caliente solar y la calefacción de espacios representan el 14% del uso de energía de calefacción de agua y espacios en los edificios en ese momento.
- El calor solar para refrigeración podría alcanzar una contribución de 1,5 EJ por año a partir de una capacidad instalada de más de 1000 GWt para refrigeración, lo que representa casi el 17% del uso de energía para refrigeración en 2050.
- La calefacción de piscinas podría alcanzar una capacidad instalada de 200 GWt, produciendo anualmente alrededor de 400 PJ de calor solar para 2050.
- Al lograr los niveles de despliegue mencionados anteriormente, la calefacción y la refrigeración solar pueden evitar unas 800 megatoneladas (MT) de emisiones de CO₂ por año para 2050.

Del mismo informe de la IEA (Renewables 2021 - Analysis and forecast to 2026) se extracta la siguiente información relacionada la previsión a 2026 en el sector industrial:

- Impulsado por el crecimiento económico, se proyecta que el consumo de calor industrial se expandirá en un 15% a nivel mundial durante 2021-2026, un aumento de 16 EJ. Se espera que las energías renovables representen solo una quinta parte de este crecimiento. Los combustibles fósiles suministran las cuatro quintas partes restantes, lo que lleva a un aumento del 12% en las emisiones de CO₂ industriales relacionadas con el calor. Para 2026, se prevé que la participación de las energías renovables en el consumo de calor industrial se mantenga cerca del 11%, solo 0,4 puntos porcentuales más que en 2020 y se espera que el consumo de calor solar térmico en la industria se triplique durante 2021-2026, un aumento de 57 PJ, con la mayor contribución individual de India, seguida de China, Estados Unidos, la Unión Europea y Sudáfrica.
- Finalmente, el escenario de emisiones netas cero requiere una acción política mucho más rápida a nivel mundial tanto en la industria como en los edificios y prevé la explotación del potencial de descarbonización de las redes de calefacción de distrito existentes mucho más allá de nuestras proyecciones actuales, con más del doble de la proporción de energías renovables en los suministros de distrito globales para 2026. Según estos supuestos, el consumo de calefacción de distrito renovable necesita crecer seis veces más rápido que en nuestras perspectivas, con contribuciones no solo de la bioenergía, la fuente renovable más grande para el calor del distrito, sino también de la energía solar térmica y las bombas de calor a gran escala.

4.3. Consumo y potencial en Europa

Los países de la Unión Europea tienen un objetivo establecido para aumentar la proporción de energías renovables en el sector de la calefacción y refrigeración para 2020. En la Unión Europea (EU27), mientras que los países miembros se desempeñaron en diferentes niveles, la participación general de las energías renovables en calefacción y refrigeración alcanzó el 22% en 2019, lo que ayudó a cumplir con el objetivo a 2020.

Los estudios basados tanto en estadísticas de la industria como en estudios de casos realizados para evaluar el potencial térmico solar en aplicaciones industriales obtuvieron resultados consistentes con respecto a la proporción de calor de baja y media temperatura requerida por las industrias. El análisis de los estudios de potencial muestra que las cifras finales obtenidas indican que la energía solar térmica podría proporcionar al sector industrial de un 3 a 4% de su demanda de calor total.

Esto supone que, a nivel europeo, la energía solar térmica podría proporcionar 258 PJ/año al sector industrial con una capacidad instalada de 100-125 GWt (143-180 millones de m²). Incluso asumiendo un escenario bastante conservador para la penetración del uso de la energía solar térmica en el sector industrial, es significativa su contribución para alcanzar los objetivos establecidos por la UE.

4.4. Consumo y potencial en España

4.4.1. Consumo de energía térmica en la industria

Además de la información disponible en el Mapa de Calor¹⁰ del IDAE, el estudio más detallado para la caracterización de la demanda de calor en la industria y el estudio del potencial solar térmico en España está recogido en el documento publicado por el IDAE “Evaluación del potencial de la energía solar térmica en el sector industrial” (2011) que desarrolla el análisis para los distintos sectores industriales en función de la temperatura de los procesos y de otras variables (localización, tamaño de empresa, superficies disponibles, etc.).

Dicho informe realiza una previsión de evolución del consumo de energía térmica en el sector industrial desde el año 2007 que se utiliza en el estudio (último año de datos disponibles del INE en aquel momento) y el año 2020 considerando diversos factores con tendencias opuestas como son el aumento de la producción industrial debido al crecimiento económico y la reducción de la intensidad energética debido a mejoras de eficiencia energética. El plan de acción 2008-2010 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética preveía un aumento anual del consumo de energía final de 2,19% en el periodo del 2008 al 2012 en continuo crecimiento, pero para el estudio se consideraron medidas adicionales de eficiencia energética resultando una tasa anual

¹⁰ <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/transformacion-de-la-energia/mapa-de-calor-de-espana>

de crecimiento del consumo de energía final de 1,5% que fueron los datos que se utilizaron para realizar la previsión del consumo de energía a largo plazo.

Con las hipótesis realizadas, los valores globales de consumo de energía final extrapolados a 2020 en el estudio y el porcentaje de aumento sobre el año 2007 fueron los siguientes:

- Consumo de combustibles y otros: 309.638 GWh (+39%)
- Consumo de electricidad: 126.209 GWh (+ 30%)

Sin embargo, al analizar los datos del consumo real de energía en 2019¹¹, año más reciente no afectado por la ralentización de la actividad industrial del 2020 producida por la pandemia de COVID, así como su evolución desde el año 2007 se pueden comprobar las grandes diferencias con las proyecciones realizadas para, como se verá posteriormente, definir las medidas correctoras que se deben incorporar para un mejor ajuste de las previsiones. Los datos de consumo disponibles para el año 2019 y su relación con 2007 son:

- Consumo de combustibles y otros: 160.925 GWh (-27%)
- Consumo de electricidad: 75.925 GWh (-22%)

Comparando los datos finales, aunque sean de años diferentes pero inmediatos (2020 y 2019), puede observarse que el consumo real de combustible ha sido un 52% de la previsión de consumo del estudio de 2011 y el consumo eléctrico ha resultado ser un 60 % del previsto. En valores globales la previsión de crecimiento era demasiado elevada en ambos casos, aunque el consumo eléctrico ha aumentado su participación en relación con los combustibles.

Comparándolos con los datos de partida y analizando la evolución de los consumos reales desde el año 2007 a 2019 se observa que existe un descenso brusco en los años de la crisis de 2008 y 2009 del orden del 24% que posteriormente se mantiene relativamente estable con un ligero descenso adicional.

¹¹ Web IDAE. ESTADÍSTICAS Y BALANCES ENERGÉTICOS. Balances de energía final (1990-2019)

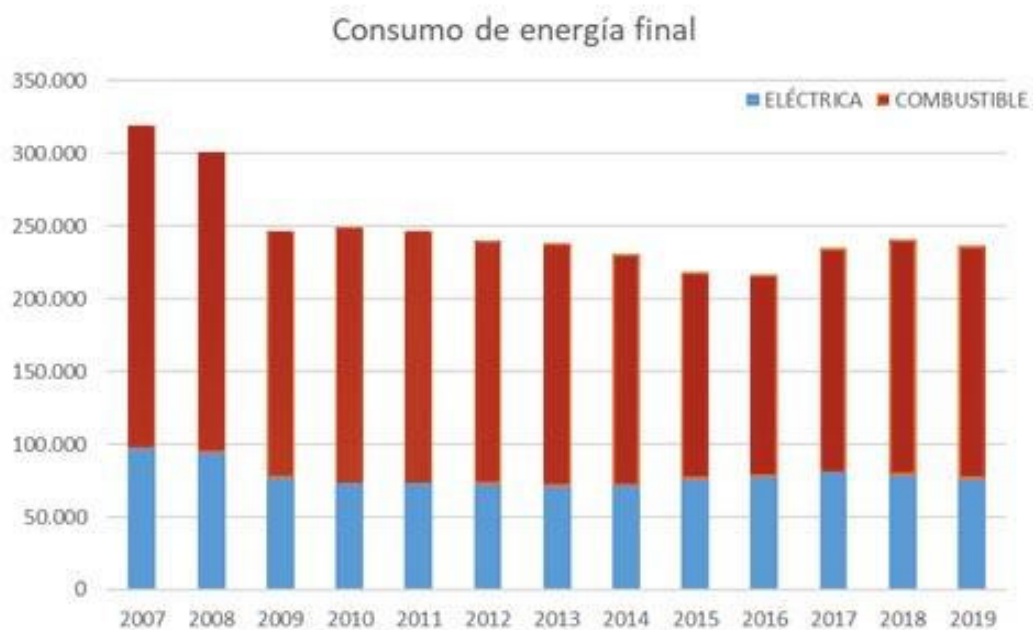
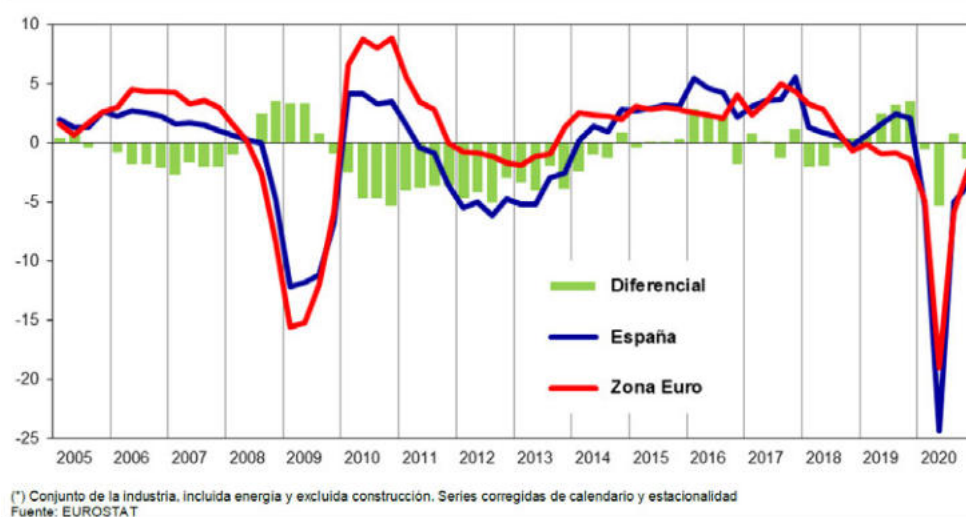


Figura 41: Demanda de energía final en la industria en España

Por otro lado, se ha analizado la producción industrial en España durante los últimos años y se puede observar¹² que desde el año 2014 hay registros de crecimiento positivo (entre el 3 y el 5% anual) que son más evidentes en la industria manufacturera. Se mantienen hasta 2018, año en el que vuelve a producirse una importante desaceleración, que se extiende hasta 2019, momento en el que ya se observan retrocesos. Este proceso se ha visto agudizado en 2020, con el fuerte descenso ocasionado por la crisis del Covid-19.

VALOR AÑADIDO BRUTO INDUSTRIAL (*) (2005-2020)
Tasas de variación interanual (porcentaje)



(*) Conjunto de la industria, incluida energía y excluida construcción. Series corregidas de calendario y estacionalidad
Fuente: EUROSTAT

Figura 42: Tasas de variación interanual del Valor Añadido Bruto Industrial

¹² EVOLUCIÓN RECIENTE DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA Y DE LOS SECTORES COMPETENCIA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. INFORME 2020

De los datos anteriores se puede deducir que el consumo energético no ha acompañado ese crecimiento de la producción industrial y, aunque pueda haber otras razones, fundamentalmente cabe justificarlo a mejoras incorporadas en los procesos y a la implantación de medidas de eficiencia energética.

En términos económicos, la disminución de los consumos energéticos es parcialmente amortiguada por el importante aumento de los precios de la energía por lo que la reducción en costes no ha sido tan significativa como el descenso de los consumos. Hubiera sido todavía menor si se incluyeran los costes asociados a los derechos de emisión.

Para los distintos sectores industriales, en la Figura 43 se refleja la evolución real de los consumos en 2019 y la evolución desde el año 2007 hasta el 2019 extraído de la misma fuente antes citada.

	AÑO 2019 - MWh			2019/2007		
	COMB.	ELEC.	TOTAL	COMB.	ELEC.	TOTAL
Extractivas (no energéticas)	3.546	2.056	5.602	52%	43%	49%
Alimentación, bebidas y tabaco	16.892	10.644	27.536	6%	1%	4%
Textil, cuero y calzado	2.335	2.089	4.424	-31%	-30%	-31%
Pasta, papel e impresión	13.913	5.870	19.783	-31%	-25%	-29%
Química (incluyendo petroquímica)	32.589	9.195	41.784	-15%	-24%	-17%
Minerales no metálicos	40.461	6.335	46.796	-39%	-47%	-41%
Siderurgia y fundición	16.528	13.274	29.802	-38%	-20%	-31%
Metalurgia no férrea	6.771	7.734	14.505	66%	-28%	-2%
Transformados metálicos	4.319	5.281	9.600	-44%	-21%	-33%
Equipo de transporte	3.070	4.404	7.474	-39%	15%	-16%
Construcción	12.777	3.501	16.278	442%	22%	212%
Madera, corcho y muebles	4.877	2.063	6.940	-22%	-8%	-18%
Otras industrias	2.848	3.479	6.327	-88%	-54%	-79%
Total Industria	160.925	75.925	236.850	-28%	-22%	-26%

Figura 43: Evolución real de los consumos de energía por sectores en 2019 y evolución desde 2007

Puede observarse que solamente 3 sectores (extractivas no energéticas, alimentación y bebidas, pero sobre todo construcción) no redujeron su consumo en el periodo analizado. Estos datos permiten extraer conclusiones sobre las demandas energéticas de los diferentes sectores que habrá que monitorizar a futuro para detectar la influencia de cada sector en el potencial solar térmico por el aumento o disminución de su participación.

No obstante, y en relación con las previsiones de evolución que se puedan realizar desde el momento actual, la política industrial a largo plazo¹³ pretende transformar el actual modelo productivo con objetivos de reindustrializar la economía para aumentar su participación en el PIB, transformar el tejido industrial para adaptarlo a las tecnologías digitales y a la creciente competencia internacional así como adaptarlo a

¹³ [DIRECTRICES GENERALES DE LA NUEVA POLÍTICA INDUSTRIAL ESPAÑOLA 2030. MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. Febrero de 2019](#)

la transición ecológica en base a un modelo económico más circular y mitigando los impactos que pueda ocasionar.

De acuerdo con el escenario macroeconómico realizado por el MINECO, no se prevén cambios sectoriales destacables¹⁴ con impacto en el sistema energético y las emisiones de gases de efecto invernadero. Se mantiene el peso relativo de los sectores principales de la economía española sobre el total y, hasta el año 2030, los porcentajes permanecerán prácticamente constantes y el sector industrial seguirá representando un 17% del total.

En base a la evolución del consumo energético real se debería ajustar los valores de la previsión realizada en el estudio de 2011 y al mismo tiempo habría que revisar los parámetros que se consideraron para transformar esa información de consumo en potencial solar térmico. De un primer análisis se puede deducir que las hipótesis sobre la viabilidad económica que se realizaron fueron demasiado conservadoras y se puede comprender fácilmente si se analiza la evolución de las expectativas de rentabilidad de las inversiones en energía solar, tanto fotovoltaica como térmica, que han aumentado a un ritmo muy acelerado que no se habían visto anteriormente en el sector.

Dichas expectativas están básicamente impulsadas por el importante aumento de costes de la energía y la continua reducción de costes de las instalaciones solares asociadas al creciente tamaño del mercado que aumentará por los factores económicos que afectan a su viabilidad, así como por razones de la nueva imagen sostenible que se implantan en muchas empresas.

Para realizar previsiones futuras del consumo, habría que considerar la aplicación de las conclusiones que el estudio propone que son las siguientes:

- Una parte del consumo de combustibles puede deberse a usos no térmicos, aunque el peso de los consumos no térmicos resulta despreciable.
- Una parte del consumo eléctrico se dedicará a la producción de frío/calor; del estudio de los manuales sectoriales se estima que sólo el 5% del consumo tiene usos para calor/frío.
- El consumo de calor en procesos es inferior al consumo de energía final debido a los rendimientos de conversión y distribución (rendimientos de calderas, pérdidas en líneas de distribución etc.). El rendimiento se ha estimado en el 80%.
- Los valores globales de consumo de energía final de referencia serán los mismos indicados anteriormente para 2019 de los que se deducirán los valores de consumo de calor para procesos y de calor a baja y media temperatura. Se plantea corregir la previsión del consumo energético de calor con una nueva estimación basada en los criterios del estudio de 2011 pero aplicados al consumo energético real de 2019.

¹⁴ [PNIEC 2021-2030 ANEXO A. SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIONES: ESCENARIO TENDENCIAL Y ESCENARIO OBJETIVO](#)

4.4.2. Demanda de energía por sectores

La información disponible de los consumos de energía del año 2019, separando consumos de combustibles y consumos de electricidad, se pueden desagregar en seis sectores específicos diferenciados y uno que recoge los que no se pueden asignar tal y como se indica a continuación. Todos los subsectores analizados con detalle en el estudio de 2011 se han integrado en alguno de los 7 sectores, resultando las siguientes asignaciones:

Alimentación, bebidas y tabaco: Cárnica, pescados, frutas y hortalizas, grasas y aceites, lácteos, molinería, alimentación animal, pan y pasteles, azúcar y cacao, otros alimentos y bebidas

Textil, cuero y calzado: Acabados textiles

Pasta, papel e impresión: Pasta de papel, papel y cartón

Química (incluye petroquímica): Fertilizantes, farmacéuticos, limpieza e higiene, productos químicos y productos plásticos

Equipos de transporte: Automóvil

Madera, corcho y muebles: Madera y corcho

Otros sectores: revestimientos materiales, maquinaria y equipos eléctricos

En el estudio de 2011 se calcularon con precisión los consumos de calor para procesos y los consumos de calor por rangos de temperatura para los diferentes subsectores. Ahora se pueden determinar los valores correspondientes de los 6 sectores sin error significativo adoptando el criterio de considerar los valores medios ponderados de las correspondientes ratios de los subsectores que intervienen en cada uno de ellos.

De esta forma se determina tanto el calor para procesos como el calor para cada rango de temperaturas y resultan los valores que se reflejan en la siguiente tabla:

	Combustibles y otros	Consumo de electricidad	Calor para procesos	Calor a baja y media temperatura		
				GWh	% s/calor	% s/total
Alimentación, bebidas y tabaco	16.892	10.644	14.998	14.790	98,6	20,5
Textil, cuero y calzado	2.335	2.089	2.111	2.081	98,6	2,9
Pasta, papel e impresión	13.913	5.870	12.992	9.896	76,2	13,7
Química (incluye petroquímica)	32.589	9.195	31.574	25.798	81,7	35,7
Equipos de transporte	3.070	4.404	2.727	1.795	65,8	2,5
Madera, corcho y muebles	4.877	2.063	4.683	4.288	91,6	5,9
Suma 6 sectores	73.675	34.265	69.086	58.648	84,9	81,1

Otros sectores	87.226	41.660	81.709	13.637	16,7	18,9
Total industria	160.900	75.925	150.795	72.285	47,9	100,0

Tabla 7 Distribución de la demanda de calor a baja y media temperatura en la industria en España

En dicha tabla se muestra que el consumo de calor de procesos alcanza un total de 150.795 GWh y de éstos 72.285 GWh corresponden a la demanda de calor a baja y media temperatura (hasta 250°C) lo que representa el 47,9% del calor para procesos.

La agrupación de los consumos de los 6 sectores específicos definidos representa casi el 85% del total y en base a dichos datos se ha estudiado, y se describe en el apartado siguiente, el potencial solar total como sustitución de parte del consumo destinado a la generación de calor de procesos por generación solar térmica.

4.4.3. Potencial de las instalaciones solares térmicas

En el estudio de 2011 se han estudiado en detalle el potencial de las instalaciones solares térmicas para los diferentes procesos en los diversos subsectores de forma que se ha diferenciado y calculado el consumo energético por niveles de temperatura, teniendo en cuenta para determinar el potencial solar térmico las características de tecnología solar disponible, del nivel de recurso solar en las diversas provincias y la disponibilidad de espacio en las industrias analizadas además de los costes de inversión, operación y mantenimiento, etc.

Para cada uno de los subsectores, el estudio permite determinar las ratios que relacionan el potencial solar térmico con la demanda de calor de baja y media temperatura. Estas ratios ponderadas por lo que cada subsector aporta al sector correspondiente y permiten determinar el potencial solar térmico de cada uno de ellos.

De esta forma se transforman los resultados de las previsiones del estudio de 2011 para adaptarlos a los consumos reales de 2019.

Corregidos los datos del estudio y actualizadas a consumos reales, se obtiene la previsión de mercado en los diferentes sectores analizados y para los diferentes rangos de temperatura que se resumen en la siguiente tabla:

	ENERGÍA APORTADA			POTENCIAL DE MERCADO				
	T ≤ 60	60 < T < 120	Total BT	T < 60	60 < T < 120	Total BT	Sup. total	s/total
	GWh	GWh	GWh	MW	MW	MW	Miles m ²	%
Alimentación, bebidas y tabaco	483	2.662	3.146	503	2.346	2.850	4.071	30,5

Textil, cuero y calzado	0	180	180	0	158	158	226	1,7
Pasta, papel e impresión	18	405	423	19	314	333	476	3,6
Química (incluye petroquímica)	637	2.233	2.870	671	2.022	2.692	3.846	28,8
Equipos de transporte	262	0	262	276	0	276	394	3,0
Madera, corcho y muebles	1.086	750	1.838	1.144	692	1.837	2.624	19,7
Suma 6 sectores	2.492	6.280	8.810	2.613	5.533	8.146	11.637	87,2
Otros sectores	981	190	1.171	1.029	164	1.193	1.704	12,8
Total industria	3.472	6.472	9.926	3.642	5.697	9.339	13.341	100,0

Tabla 8: Distribución de la demanda de calor a baja temperatura y del potencial solar para sectores considerados

Resaltar que los 6 sectores analizados representan el 87,2 % del potencial de mercado solar térmico por lo que quedan bien identificados los de mayor potencial. Puede observarse que una parte importante del potencial de la energía solar térmica está concentrada en la industria alimentaria (un 30,5% del total) junto con el sector de la industria química con 28,8%, y la industria de la madera y del corcho con 19,7%.

De los resultados anteriores se destacan los 3 sectores con mayor potencial de los analizados donde sería más probable incorporar la solar térmica y representan casi el 80% del potencial total, diferenciándose en la siguiente tabla el potencial para temperaturas inferiores y superiores a 60°C:

M2	T ≤ 60 °C	60 < T < 120	Total
Alimentación, bebidas y tabaco	719.000	3.352.000	4.071.000
Industria química (incluye petroquímica)	958.000	2.888.000	3.846.000
Madera, corcho y muebles	1.635.000	989.000	2.624.000
Suman 3 sectores	3.312.000	7.229.000	10.541.000

Tabla 9: Distribución del potencial solar (en metros cuadrados) para los 3 principales sectores

El aporte solar de los 4.071.000 m² supone el 21,3% de la demanda total de calor a baja temperatura en las industrias de alimentación, bebidas y tabaco. En la industria química, los 3.846.000 m² alcanzan un aporte del 11,1% mientras que en el caso de la industria de madera y corcho se llega a un 42,8% con los 2.624.000 m². El aporte solar

global de los 13.341.000 m² supone el 13,7% de la demanda total de calor a baja temperatura.

Para un análisis con mayor detalle de la distribución del potencial solar térmico se representa el porcentaje de participación de cada uno de los subsectores que puede analizarse con más detalle en el estudio de 2011.



Figura 44: Distribución por subsectores del potencial de la energía solar térmica de baja temperatura (en porcentaje) para los dos sectores industriales analizados con mayor potencial

Los resultados globales del estudio para determinar el potencial solar térmico de las aplicaciones de baja y media temperatura incluyendo la generación de frío se resumen en la tabla siguiente:

	Baja Temp.	Media Temp.	MT para frío solar	Baja y media temp.	Baja y media temp. calor y frío
Columna	1	2	3	1 + 2	1 + 2 + 3
Potencial solar térmico (GW)	9.339	22.640	8.335	31.979	40.314
PST superficie (m ²)	13.341.000	32.343.000	11.907.000	45.684.000	57.591.000
Implementación Esc. favorable (m ²)	2.668.000	4.852.000	1.191.000	7.520.000	8.710.000

Tabla 10 Distribución del potencial solar térmico por rangos de temperatura

Se pueden resumir los resultados globales en las siguientes conclusiones:

- El potencial de aplicación técnico-económico teórico de la energía solar térmica es de 57,6 Mm² (40,3 GW). De este potencial total, 13,3 Mm² son para aplicaciones a baja temperatura (hasta 120°C), 32,3 Mm² para aplicaciones a

media temperatura (hasta 250°C) y 11,9 Mm² adicionales para aplicaciones a media temperatura que incluyen la producción de frío solar.

- El potencial de aplicación según los criterios de viabilidad de un escenario favorable definido en el estudio es de 8,7 Mm², de los cuales 2,7 Mm² son a baja temperatura (hasta 120 °C) y 4,9 Mm² de calor a media temperatura (hasta 250 °C) y 1,2 Mm² si se incluye la generación de frío.

Es importante recordar “los criterios de viabilidad utilizados en el escenario favorable (sustitución de gas natural, periodo de retorno de 10 años) con subvención de 200 €/m² para captadores planos y 300 €/m² para captadores de media temperatura, generación de calor útil de 952 kWh/kW (666 kWh/m²) para baja y 742 kWh/kW (519 kWh/m²) para media temperatura, lo cual corresponde a 71% y 63% respectivamente de la generación del sistema tipo con condiciones óptimas de implementación en la zona climática IV (la zona climática donde se agrupa la mayor parte del sector industrial en España). Como alternativa a las subvenciones según superficie o potencia instalada, se podría mantener una rentabilidad económica equivalente mediante una prima de 3 c€/kWh de calor útil generado (baja temperatura) y de 5 c€/kWh (media temperatura)”. Estos criterios se pueden resumir en una política de medidas e incentivos suficientes para realizar el 20% del potencial técnico-económico a baja temperatura, el 15% del potencial a media temperatura y el 10% del potencial de generación de frío solar.

Entre las conclusiones del estudio, es importante resaltar aquella que establece que “para instalar la totalidad del potencial técnico económico se necesitaría una gran ocupación de la superficie disponible (tejados industriales y superficies adyacentes) por lo que se deduce que la superficie disponible se debe considerar recurso escaso cuya utilización para fines energéticos se debe optimizar”.

Una vez realizadas las previsiones del potencial solar térmico y definidas las posibilidades de implementación en el escenario favorable, y comparando un tamaño actual del mercado tan reducido con un potencial solar térmico tan grande, se hace muy importante definir una estrategia de impulso inicial para que la situación cambie completamente y se considera que, tras la fase de lanzamiento, se tendrá la capacidad de programar las siguientes actuaciones a implementar para alcanzar la máxima implantación de la energía solar térmica así como trazar una hoja de ruta detallada con la previsible evolución del mercado en los próximos años para las industrias que en el momento actual resultaría prematuro. En este sentido es muy importante conocer la forma en que se involucrarán todos los intervinientes y, sobre todo, el sector de oferta ante este gran reto.

5 Identificación de barreras

Se entienden como barreras aquellos factores que dificultan el uso e implementación de la tecnología solar térmica y, aunque éstas podrían clasificarse en diferentes criterios y agrupar en categorías, el análisis muestra que la frontera que las distingue es a veces borrosa y en ocasiones son muy dependientes unas de otras.

Se señala la referencia al documento “Using Renewable Energy for Heating and Cooling: Barriers and Drivers at Local Level¹⁵ que ayuda a la identificación de las mismas ya que realiza un análisis detallado. Sin entrar en las diferentes propuestas de intentar organizarlos en grupos o categorías en los siguientes apartados se realiza un análisis detallado de las barreras identificadas y se profundiza en las características de cada una de ellas.

5.1. Rentabilidad económica

El dilema de rentabilidad económica siempre enfrenta la mayor inversión inicial necesaria para ejecutar la instalación solar frente a la prevista reducción de gastos corrientes producida por los ahorros energéticos que la propia instalación solar implica. Es necesario ajustar todos los parámetros de proyecto para encontrar una viabilidad económica que se considere razonable por ambos sectores de oferta y demanda. Asimismo, también es importante destacar el procedimiento utilizado para solucionar las necesidades financieras para acometer la inversión inicial.

En general, se puede afirmar que la tecnología solar térmica dispone de un amplio margen para reducción de los costes de las instalaciones tanto en materiales, como componentes y sistemas cuando aumente el tamaño del mercado y se incorporen las mejoras que se señalan. Aunque no debe considerarse la única forma de promover el posicionamiento de la tecnología, la previsible reducción de costes debe ir asociada a una significativa transformación del sector solar. Para ello y entre otras acciones, deben modificarse los modelos de comercialización orientándolos al cliente, así como simplificar los diseños de instalaciones potenciando los montajes especializados.

Todo el sector debe estar convencido que el uso de la energía solar térmica es el sistema más económico, eficaz y competitivo para determinadas aplicaciones. Eso

¹⁵ Proyecto progRESsHEAT. D3.2 Report on the barriers and drivers.

http://www.progressheat.eu/IMG/pdf/progressheat_wp3.2_report_publication.pdf

debe transmitirse a los responsables tanto de los industriales como de la administración para definir los planes de futuro y las campañas de comunicación.

Se considera que los costes de operación y mantenimiento también podrán reducirse de forma significativa para instalaciones bien diseñadas y ejecutadas que utilicen buenos sistemas de monitorización y seguimiento si se eliminan las frecuentes visitas de técnicos para realizar operaciones innecesarias como son la purga de circuitos y la limpieza de la cubierta de los captadores.

5.1.1. Costes de inversión

En primer lugar, se destaca la necesidad de romper el círculo vicioso que se produce por los elevados costes relacionados con el reducido tamaño del mercado:

- El aumento del tamaño de mercado que propiciaría una mayor competitividad con la consiguiente reducción en los costes de los captadores. España tiene potencial solar y un tejido empresarial que son adecuados para un mercado muy superior al actual.
- El desarrollo de tecnologías de energía solar más fiables y económicas para aplicaciones industriales y de climatización propiciaría costes de inversión mucho más competitivos.
- La mayor profesionalización del sector, con el desarrollo del modelo de empresas de servicios energéticos y de soluciones integrales de climatización con proyectos de hibridación de diferentes tecnologías renovables.

Las causas de la situación actual de costes elevados son muy diversas y, aunque posteriormente se verá con mayor detalle, con carácter general para su solución se requiere:

- Desarrollar componentes y sistemas de mayor tamaño, como los captadores de gran formato, que permitan reducir los costes de fabricación, transporte y manipulación, así como costes de soportes, circuitos, montaje, etc.
- Normalizar el diseño de instalaciones para simplificar todos los procesos y reducir los costes de instalación de todos los componentes, sistemas de control, etc.
- Optimizar la cadena de suministro, evitando costes innecesarios y ajustando el funcionamiento a las economías de escala.

Según el documento de la IEA-SHC-Task55-“Technology-Position-Paper--Solar-District-Heating-2021”¹⁶, los costes nivelados del calor (en inglés, LCoH, Levelized Cost of Heat) producidos por energía solar se pueden reducir significativamente si:

- Se cuenta con una protección contra el sobrecalentamiento que limite la temperatura del fluido de transferencia de calor por debajo 100°C. Esto permite reducir los costes de inversión en el circuito del fluido de transferencia de calor y los costes de mantenimiento.
- Aumento del rendimiento de los componentes y del sistema completo que produce mayor rendimiento energético, lo que reduce el LCoH incluso si la inversión inicial para el sistema de mejor rendimiento es mayor.

¹⁶ <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task55-Technology-Position-Paper--Solar-District-Heating-2021-06.pdf>

- Estandarización de los componentes, e interconexiones mecánicas e hidráulicas, y el diseño de los sistemas generales que reduce los costes a lo largo de la cadena de valor, desde la producción de los componentes hasta la instalación del sistema y dan como resultado sistemas bien instalados con menores costes de mantenimiento y una vida útil más larga, lo que lleva a un LCoH más reducido.
- Los componentes y sistemas duraderos producen una reducción significativa de los costes de operación y mantenimiento.

Las materias primas más utilizadas en las instalaciones solares térmicas son cobre, aluminio, acero y fibra de vidrio que representan entre un 7 y un 18% del coste total de la inversión, por lo que la evolución del coste de la materia prima tiene una influencia relativa en el coste total. No obstante, es necesario avanzar en nuevos materiales que cumplan las mismas exigencias a menor coste.

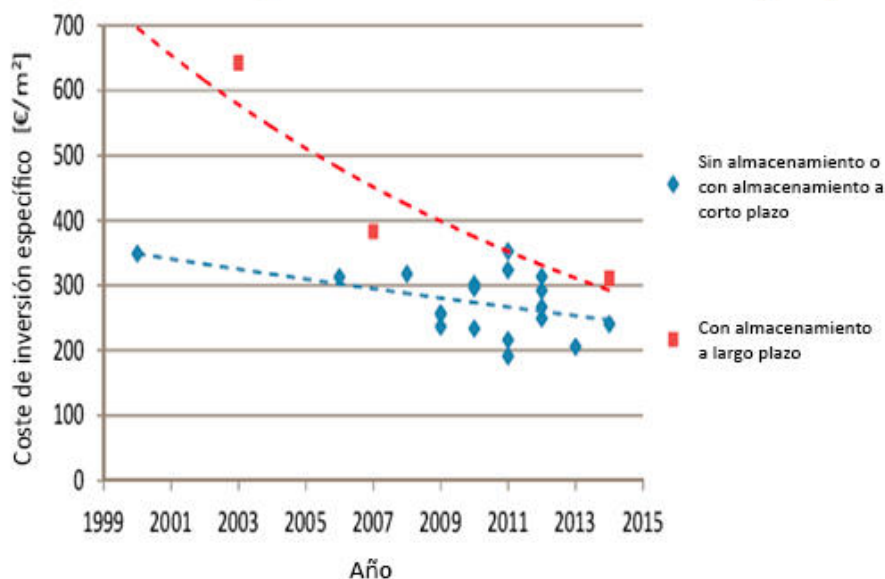
A continuación, se incluyen ejemplos de costes actuales de diferentes tecnologías solares térmicas comparando tubos de vacío con sistemas de concentración y, por otro lado, previsiones de evolución de instalaciones industriales para redes de calor con captadores planos en los que se puede observar una significativa reducción de los costes para grandes instalaciones:

	Potencia térmica específica (kW/m ²)	Localización	Coste (USD/m ²)	Coste (USD/kW)
Tubo de vacío CPC	0,6-0,65	China	130	200-220
		Europa	450-900	690-1.500
	0,3	India	333	1133
Disco parabólico fijo	0,21-0,31	India	113-300	365-1.430
Plato parabólico seguimiento	0,34-0,74	India	300-600	600-1.760
Cilindro parabólico	0,5-0,56	Europa	650	1.160-1.300
	0,22-0,28	India	445	1.580-2.040
	0,55-0,7	Mexico	400-629	570-1.100
Fresnel lineal	0,5-0,56	Europa	650-900	1.160-1.800

Tabla11: Costes de instalaciones solares

Un ejemplo de la viabilidad de estas intervenciones es la referencia de costes en los países, como Dinamarca o Austria, que desarrollan mayor tamaño de mercado y sobre todo con proyectos de grandes instalaciones donde se pueden reducir a una tercera parte los precios totales de las instalaciones desde los actuales 600-750 €/m², coste típico en España, hasta los 200-250 €/m².

Evolución costes instalaciones solares con captadores planos en redes de calor (DK)



5.1.2. Viabilidad económica

Normalmente el industrial compara la inversión en la instalación solar con los ahorros que la misma produce en el momento presente pero en escasas ocasiones se comparan los costes de generación de energía térmica producida mediante la instalación solar con los **costes de energía térmica producida por combustibles fósiles teniendo en cuenta la evolución de los costes fósiles y la vida útil de los diferentes sistemas de generación**, que sería la mejor forma de comparar tecnologías y, sobre todo, de confirmar las ventajas de la opción solar térmica a medio y largo plazo. Debe promoverse el uso de estos criterios de análisis de inversiones frente al habitual uso del periodo de retorno simple.

A mejorar esa viabilidad no contribuyen los bajos precios de los combustibles fósiles que incluso, para determinados procesos, pueden estar subvencionados. Tampoco contribuye el reducido coste de las emisiones de GEI que se producen que deberían cargar el consumo de combustibles fósiles. Serán importantes las iniciativas que se adopten para impulsar la descarbonización de la industria.

Por otro lado, para poder comparar los costes de energía térmica producidos por diferentes sistemas, no siempre se dispone de información del coste del calor generado ni datos de rendimientos de equipos ni del desglose de las pérdidas térmicas en los distintos sistemas (generación, transporte, proceso, etc.) por lo que el factor más importante a considerar en los cálculos de costes del calor producido por los equipos que utilizan combustibles fósiles, como es el **rendimiento medio estacional**, no siempre está bien determinado. Normalmente se utilizan valores muy elevados y no suficientemente contrastados que no incorporan la casuística habitual de operación de estas instalaciones incluyendo arranques, paradas, inercias, etc. A esos efectos, se destaca la importancia de que el industrial pueda disponer los elementos de medida

adecuados y la necesidad de promover la realización de auditorías energéticas que determinen dichos parámetros con precisión suficiente.

Hay que destacar que existe un desconocimiento general del **coste de generación del calor solar útil** aportado en un proceso industrial que básicamente viene determinado por la amortización de la inversión, los gastos de operación y mantenimiento y la cantidad de energía producida durante la vida útil de la instalación. En el caso de las instalaciones solares térmicas. Estos parámetros determinan el coste nivelado de la energía (LCOH) que es el verdadero coste de la energía térmica producida. Es importante resaltar la estabilidad en el tiempo de los costes de la energía solar térmica que tiene escasos costes de operación frente a gran importancia y es independiente a la evolución, impredecible pero continuamente al alza, de los costes de energía térmica producida por combustibles fósiles.

En general, la comparativa entre los costes de inversión y los ahorros de combustibles fósiles a precios actuales resultan elevados periodos de amortización que hacen que los clientes industriales no se decidan por usar la tecnología solar térmica, aunque de la comparativa de los LCOE correspondientes a la energía solar y la de la fuente de energía utilizada, la rentabilidad a largo plazo de la inversión pueda estar asegurada. En la actualidad y mientras no se avance en la implantación de nuevas fórmulas de evaluación, los estudios de viabilidad económica siempre deben analizar los **parámetros PRS y TIR objetivos** (periodo de retorno simple y tasa interna de rentabilidad) ya que son los que utilizan los industriales para su toma de decisiones y a los que normalmente exigen periodos de retornos cortos (entre 2 y 4 años) y alta tasa de rentabilidad (superior al 10%).

Cuando la rentabilidad económica se alcanza, el problema a resolver es la financiación de las inversiones iniciales y la necesidad de que las producciones energéticas sean las garantías para la disponibilidad de **recursos económicos a largo plazo y a bajo interés**. Asimismo, los **seguros de contingencias o cancelación** completarían la fiabilidad de uso de la tecnología.

5.1.3. Escasa implementación de las ESEs

El potencial usuario industrial tiene que afrontar largos periodos de amortización y asumir las incertidumbres sobre la rentabilidad del proyecto sin ser, necesariamente, un especialista en instalaciones de generación de energía y, por otro lado, encuentra dificultades a la hora de acometer las elevadas inversiones asociadas y la financiación de las mismas. Además, en general, el industrial desconoce las posibilidades de la tecnología solar, lo cual aumenta aún más su incertidumbre y dificulta la toma de decisiones.

La mejor opción para el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas sería que el industrial confíe la gestión energética en asesores, bien internos o externos, y en empresas que le ofrezcan todas las garantías de suministro, funcionamiento y mantenimiento que sean necesarias, asuman el supuesto riesgo tecnológico, así como las soluciones de financiación adecuadas. Esta deseable tercerización del servicio energético eliminaría cualquier posible desconfianza del industrial sobre la tecnología ya sea la durabilidad de la inversión, las prestaciones, la fiabilidad, etc.

Para evitar al industrial el riesgo que no conoce, que normalmente no quiere asumir y por lo que adopta la decisión de no realizar la inversión en una instalación solar térmica, es necesario promover su comercialización mediante las técnicas de garantías de resultados, ahorros compartidos, etc. o, mejor, con la intervención de Empresas de Servicios Energéticos ESEs que directamente le pueden proporcionar todos los suministros y servicios que requiera y que, adicionalmente, le aporta las soluciones financieras, las garantías y los mantenimientos que se necesiten.

5.2. Huella de carbono y ciclo de vida

En este apartado se destacan las ventajas que presentan las instalaciones solares térmicas para la producción de calor resaltando la necesidad de incorporar los criterios de huella de carbono y análisis de ciclo de vida en las políticas de promoción de esta tecnología para no solamente reducir el consumo de energía primaria fósil sino hacerlo con la tecnología solar térmica que es la que menos emisiones produce y más aporta a la descarbonización del sistema energético.

La tecnología solar térmica deberá contribuir en mayor medida en el suministro energético sostenible del futuro, minimizando la huella de carbono y la dependencia energética. Una tecnología energética diseñada y construida de una manera sostenible como la solar térmica, reduce al mínimo el uso de recursos, materias primas y energía a lo largo del ciclo de vida.

Para evaluar el impacto ambiental de los productos utilizados para cualquier aplicación se utiliza el método de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y para ello es necesario disponer de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) verificadas por terceras partes, esto es, siguiendo los procedimientos que se establecen para cada categoría de producto sobre una base científica y reglamentada proporcionando información ambiental verificable. Los parámetros que se analizan son diversos, como: consumo energético; agotamiento de recursos; consumo de agua; residuos sólidos; cambio climático; acidificación atmosférica; polución del aire y del agua; destrucción de la capa de ozono; formación de ozono fotoquímico, etc. En resumen, se determina la huella de carbono cuya información se basa en la realización de una evaluación global y multicriterio de los impactos medioambientales de un producto desde su origen.

Aunque se esté analizando para diferentes utilidades, la implantación obligatoria del ACV y de la DAP, en la actualidad es de aplicación voluntaria pero cada vez es más utilizada como criterio diferenciador para compras públicas o privadas y de ventaja competitiva por parte de los consumidores. Destaca la utilización de la Norma Internacional UNE-EN ISO 14025 que valora el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de un producto o un servicio.

Como ejemplo de referencia, se ha calculado y el resultado ha sido certificado por AENOR¹⁷, la huella de carbono de los captadores solares térmicos en la etapa de producto y analizadas las etapas del ciclo de vida desde el suministro y transporte de

¹⁷ Referencias del cálculo y contenidos en informe interno de ASIT

las materias primas, hasta la fabricación incluyendo los consumos energéticos y de agua, la producción de materias auxiliares, embalajes, transporte y gestión de residuos generados. Los procesos posteriores, transporte y la instalación de los captadores quedan fuera del alcance estudiado y se supone no aporta modificaciones significativas a los resultados obtenidos, y la unidad funcional elegida ha sido la producción de un metro cuadrado de captador solar térmico terminado.

El resultado, que se considera puede ser generalizable a la tecnología de captadores planos, ha proporcionado un valor medio de huella de carbono en la fabricación por captador solar térmico es de 112,5 kgeCO₂

Se han calculado las emisiones de CO₂ por kWh generado por un captador solar térmico considerando una vida útil de 30 años considerando la energía generada en las condiciones climáticas de Madrid y, por último, se ha calculado el periodo de retorno de CO₂, es decir, el tiempo requerido para compensar las emisiones incurridas para producir el captador dada la energía producida con la tecnología.

Se han estudiado dos escenarios, dependiendo de qué tecnología se hubiera utilizado en lugar de la solar, que son gas o electricidad considerando que cada kWh de gas quemado es igual a 180 grCO₂, y cada kWh de electricidad de la red es igual a 308 grCO₂ (referencia española) resultando un retorno de CO₂ de pocos meses en función de la energía sustituida. El resumen de los resultados obtenidos es:

Huella de carbono en fabricación (kgeCO ₂)	112,5
Energía generada en 30 años (kWh)	56.290
Huella de carbono por energía generada gCO ₂ /kWh)	2,1
Periodo de retorno de CO ₂ sustituyendo gas (años)	0,35
Periodo de retorno de CO ₂ sustituyendo electricidad (años)	0,20

Tabla12: Valores de parámetros de sostenibilidad de la tecnología solar

En definitiva, es necesaria la incorporación de estos criterios de sostenibilidad en los procesos de decisión de las tecnologías a utilizar por las industrias y, asimismo en la normativa y regulación relacionada con la descarbonización.

5.3. Desconocimiento de la tecnología solar térmica

Existe un evidente desconocimiento generalizado del potencial y del atractivo tecnológico de las aplicaciones de la energía solar térmica del que es necesario tomar conciencia y analizar para poder corregir. En primer lugar, por la escasa importancia que normalmente se presta a los asuntos relacionados con el calor como forma de energía sobre todo en comparación con la electricidad y a pesar de la gran importancia que esta demanda supone. En segundo lugar, por el escaso control que se realiza tanto de los consumos como de la eficiencia de los procesos dado el reducido coste de la producción de calor por combustibles fósiles y el elevado coste de los sistemas de medida.

Estos criterios se pueden analizar asociados a cualquiera de los intervinientes en los sectores de demanda y de oferta. No se trata de analizar las responsabilidades de cada uno por haber llegado a este punto, pero sí evaluar las causas que lo han producido y definir las necesidades de adaptación de las diferentes partes que intervienen para corregir el rumbo y dirigirlo a un nuevo objetivo global.

5.3.1. Sector industrial que demanda calor

Las observaciones genéricas de la tecnología solar térmica son todas aplicables al sector industrial que consume calor y se pueden concretar en las siguientes:

- Se necesita solucionar la imagen irreal y poco atractiva que han generado las instalaciones solares térmicas que no funcionan correctamente, fundamentalmente implantadas en el sector residencial pero también en terciario y en edificios de las administraciones públicas como consecuencia de la exigencia establecida en la sección HE4 del CTE.
 - No existe suficiente difusión de conocimientos sobre la importancia y beneficios de la energía solar térmica en general y del calor renovable y de la baja temperatura en particular.
 - Tanto el potencial usuario, como muchas veces el prescriptor que le asesora, pueden desconocer la existencia de esta tecnología y de las prestaciones que puede proporcionar. A pesar del alto grado de desarrollo para aplicaciones térmicas en baja temperatura, salvo casos puntuales, existe una fuerte reticencia al cambio, sobre todo para las aplicaciones industriales si se observa que puede modificar procedimientos de trabajo muy consolidados.
 - No se conocen las aplicaciones de climatización solar, calefacción y refrigeración urbana, los propios procesos industriales, desalación, integración arquitectónica, etc., y no se reconoce al calor solar de baja temperatura el potencial técnico y económico frente a combustibles convencionales (independencia de costes de energías convencionales y su disponibilidad).
 - No existe un conocimiento suficiente de las ventajas técnicas y económicas que presenta la energía solar térmica para los usuarios industriales, desconocimiento fomentado por los efectos derivados de la aplicación del CTE en el sector edificatorio, especialmente en el residencial.
 - Es necesario dar mayor visibilidad a los casos de éxito de los sistemas existentes bien diseñados, instalados y mantenidos ya que no se difunde la información de las instalaciones que funcionan correctamente.
 - La tendencia a utilizar sistemas de generación térmica individuales justificados por el mejor control de sus consumos es contraria a la mayor eficiencia de las centralizaciones de los consumos energéticos de calefacción, climatización y producción de ACS a los que sería más sencillo y económico acoplar las instalaciones solares térmicas.
 - Faltan ejemplos demostrativos de instalaciones solares térmicas eficientes en cualquier tipo de edificios, incluidos los edificios públicos, ya que siempre provocan un efecto demostrativo y ejemplarizante.
- Existe un gran desconocimiento en cuanto a las líneas de ayudas económicas existentes y a los procedimientos de aplicación.

5.3.2. Auditorías energéticas en las industrias

Una auditoría energética es una evaluación de los procesos de una industria para obtener datos fiables de su consumo energético que permite identificar los factores que más influyen en el consumo de energía y definir las propuestas de mejoras aplicables al ahorro energético, la eficiencia energética y la implantación de energías renovables.

Una auditoría energética comprende desde la evaluación previa de diagnóstico, pasando por la medición y recogida de datos hasta el análisis y elaboración del informe técnico que, además de describir el consumo energético debe proponer las medidas correctoras correspondientes.

El carácter obligatorio de la auditoría energética para grandes empresas, y de aplicación voluntaria para las restantes, que se establece en el Real Decreto 56/2016 de transposición de la Directiva Europea 2012/27/UE promueve y facilita la implantación de las medidas anteriormente referidas y establece requisitos de calidad de la adquisición de datos, evaluación de procesos y realización de los informes de las auditorías energéticas.

Algunas de las cuestiones que habitualmente surgen en las auditorías de los procesos térmicos son los siguientes:

- La reducción de la temperatura de trabajo de proceso
- Ajuste de las temperaturas de generación y suministro
- La mejora de la efectividad de los sistemas de transferencia de calor
- El aumento del nivel de aislamiento térmico de redes y equipos
- La optimización de los tiempos de funcionamiento de los generadores
- Potencial de recuperación de calor
- Posible integración de procesos

Es evidente que las auditorías energéticas constituyen una potente herramienta para la incorporación de medidas de ahorro y eficiencia energética junto con la incorporación de las fuentes renovables y su aplicación generalizada permitirá que las industrias, además de reducir los costes energéticos, mejoren la gestión medioambiental y reduzcan las emisiones de GEIs de sus actividades.

El industrial debe exigir que la auditoría sea un documento efectivo que permita la toma de decisiones de manera similar a lo que se pretende, pero se consigue solo parcialmente con los certificados de eficiencia energética. Es decir, que las auditorías deben detectar si existen problemas energéticos en los procesos industriales e incluir dentro de las posibles soluciones, además de la mejora de la eficiencia energética, la incorporación de energías renovables.

Puede existir un problema de formación de los auditores por lo que deberían hacerse campañas de formación específicas para promover la tecnología. Si el contenido de las auditorías incluyera, por defecto, la necesidad de definir las propuestas de mejora que se pueden obtener con la tecnología solar térmica, se facilitaría enormemente su introducción.

5.3.3. Empresas que ofrecen soluciones energéticas

Dentro del propio sector de oferta hay que resolver las preferencias de ingenierías e instaladores por otras tecnologías que, entre otras razones, consideran que dan menos problemas, que generalmente procede de la imagen distorsionada que las malas prácticas derivadas de las exigencias reglamentarias han podido ofrecer y por el propio desconocimiento de la tecnología solar térmica. Como ya se ha indicado, para cambiar la realidad y la imagen del sector de oferta sería conveniente poner en valor y dar visibilidad a los casos de éxito de uso de la energía solar térmica en procesos industriales y en la medida de lo posible, rehabilitar las instalaciones que no funcionan correctamente en el sector edificatorio para que cambie la percepción de mal funcionamiento de las instalaciones en general y se pueda avanzar en las aplicaciones en el sector industrial.

El sector de oferta, prescriptor, auditor, consultor, etc., debe disponer de un amplio catálogo de alternativas que se adapten al usuario seleccionando la mejor tecnología que se deba utilizar, aunque haya que buscar soluciones más innovadoras, y fuera de la zona de confort, del diseñador, instalador o incluso fabricante. El sector debe de estar abierto a la mejor opción tecnológica que se necesite para cada proceso y no cerrarse en las soluciones conocidas que muchas veces, aunque simplifiquen su estudio, complican el diseño y encarecen la instalación haciéndola inviable técnica y económicamente para el industrial. Se sabe que en el sector industrial falta mucho por desarrollar, pero para avanzar es importante hacerlo con seguridad construyendo casos de éxito y vencer la barrera inicial de desconfianza que pudiera haber.

Existen números tecnologías de captadores solares, de almacenamiento térmico diario y estacional, de normalización de diseños y montajes, así como de monitorización de instalaciones que permitirían abastecer energéticamente a una gran diversidad de procesos industriales, cuyas posibilidades reales no han sido todavía demostradas y podrían permitir importantes reducciones de costes y aumento de las prestaciones de las instalaciones solares térmicas. En las aplicaciones de frío solar, es necesario avanzar en la utilización de máquinas de absorción adaptadas a las especiales características de la energía solar como son los rangos de temperatura y la fluctuación de la misma.

Es necesario difundir y promover las posibilidades de la tecnología solar térmica en el sector industrial dado que el, hasta ahora, escaso uso e implantación de estos sistemas pueden aportar un importante valor añadido dado que las exigencias y normas técnicas de las industrias son normalmente más exigentes que en otros sectores. Esto puede presionar a todo el sector de oferta para forzar la mejora de la calidad de los productos y servicios, así como a la implantación de estándares y desarrollo de sistemas innovadores tendentes al aumento de la fiabilidad y la reducción de costes.

5.3.4. Formación

Se parte de la base que el sector solar térmico debe evolucionar hacia una mayor calidad de las instalaciones, sobre todo con aumento de la fiabilidad y disminución de costes, así como una mejora de los servicios que se prestan a los usuarios finales.

Por otro lado, se debe ser consciente que existe una falta de nivel técnico evidente que requiere una formación teórica y práctica suficiente en todos los intervinientes implicados ya sean de la administración, los técnicos de todos los niveles del sector de oferta (fabricantes, proyectistas, instaladores y mantenedores) como promotores, constructores, organismos de control, arquitectos, auditores energéticos, etc. También en el lado de la demanda como, por ejemplo, a nivel de gestores técnicos de empresas y de profesionales de mantenimiento, se hace necesario mejorar los conocimientos en técnicas energéticas.

A esos efectos, se considera que la sencillez de la tecnología es su gran ventaja y, a la vez, el peor inconveniente que genera su mayor problema ya que cualquier persona se considera acreditada para usarla o aplicarla sin tener los conocimientos necesarios para ello. Es necesario modificar estos criterios y, para ello, sería importante revisar los contenidos técnicos de la formación específica de cualquier nivel (ingenierías, formación profesional, etc.) así como promover la disponibilidad de manuales y guías que específicamente desarrollen estos temas.

Para que la tecnología solar térmica sea fiable, madura, duradera y rentable se debe realizar el correcto análisis de problemas que generan las instalaciones y corregir las causas que lo producen que, sin carácter restrictivo, deben incluir:

- Diseñar sistemas de vigilancia y control de prestaciones para monitorización continua de las prestaciones reales y poder identificar en tiempo real desviaciones del comportamiento previsto.
- Aumentar la fiabilidad y seguridad de funcionamiento.
- Establecer procedimientos para conseguir diseños y dimensionados correctos.
- Definir métodos de aislamiento y sistemas de protección de los mismos, así como establecer los procedimientos para conocer las pérdidas térmicas.
- Conocer cómo se proyectan y se ejecutan circuitos cerrados y estancos.
- Prever las soluciones para evitar el aire en circuitos y no utilizar purgadores automáticos
- Conocer el funcionamiento de instalaciones en condiciones extremas de temperatura y presión (riesgos de heladas, formación de vapor, etc.).
- No utilizar el tapado de captadores como solución habitual porque no es solución tecnológica apropiada y por la propia estética de instalaciones.
- Diseñar las configuraciones utilizables para múltiples usuarios.
- Conocer cómo afecta la suciedad para no prever limpieza continua de captadores.
- Definir operaciones necesarias de mantenimiento para ajustar los costes relacionados.
- Analizar los factores que determinan la durabilidad ya que, aunque se estimen en unos 20 años, la experiencia práctica es que hay instalaciones que duran más de 40/50 años.

5.4. Disponibilidad de emplazamientos

En procesos donde el consumo térmico es elevado, la disponibilidad de espacios para la implantación de una gran superficie de captadores puede ser el principal problema y las posibles soluciones energéticas pueden estar condicionadas por este criterio.

Es necesario arbitrar soluciones que permitan utilizar las propias cubiertas de la industria, cubiertas cercanas o terrenos circundantes libres de obstáculos y sombras. En el caso de utilizar las cubiertas de los propios edificios de la industria, las características constructivas de los mismos deben garantizar que se pueden soportar las cargas y esfuerzos generados por un campo de captadores solares térmicos.

A este respecto, las construcciones realizadas a partir de 2007 no deben presentar limitaciones constructivas, puesto que las normativas de construcción vigentes a partir de entonces obligan a garantizar que se soportan cargas y esfuerzos superiores a las causadas por la instalación solar térmica. Por el contrario, en las naves industriales construidas en España anteriormente puede ser un factor limitante puesto que muchos casos precisarán de una revisión y/o adaptación de sus estructuras lo cual encarecería la instalación. Además de la necesidad de posibles refuerzos estructurales, estas construcciones pueden arrastrar problemas por el uso de materiales inadecuados como pueden ser cubiertas realizadas con fibrocemento que la normativa actual exige que sean sustituidas o las cubiertas de chapa metálica de escaso espesor o de mala calidad que también deben rehabilitarse.

La falta de espacios propios utilizables puede conllevar tanto problemas administrativos (por ejemplo, por utilizar terrenos con determinada clasificación de uso) como económicos (costes de alquiler de espacios de terceros). Estos temas son similares y bastante conocidos en la tecnología fotovoltaica por lo que habría que aprovechar y trasladar los mismos criterios ya desarrollados.

5.5. Regulación y normativa

Afectan al desarrollo de la tecnología todos los aspectos relacionados con la regulación y normativa que sean aplicables, tanto del ámbito energético como industrial, en cualquiera de los niveles de la administración (estatal, autonómica y local) así como los procedimientos administrativos empleados en cada caso.

En primer lugar y desde el punto de vista de la sostenibilidad y la energía, hay que destacar que la normativa actualmente vigente y la que se desarrollará en los próximos años tendrá claros objetivos de descarbonización, de aumento de la eficiencia energética y de uso de renovables. Lo que actualmente pueden ser recomendaciones e incentivos para su implantación irán transformándose en obligaciones con penalizaciones si no se alcanzan los niveles mínimos de calidad que se hayan establecido.

Como recogen el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) será importante la adaptación de la Administración como tractor de los cambios

tecnológicos acompañando al sector privado y actualizando los procedimientos administrativos.

Algunas experiencias y lecciones aprendidas en aplicación de la regulación vigente a resaltar:

- Es necesario difundir las bondades de la reglamentación y las ventajas para el usuario ya que, por ejemplo, en los casos de obligatoriedad de las instalaciones por reglamentos en la edificación (CTE y RITE), se ha detectado incumplimientos por falta de convencimiento y no siempre se instala un sistema solar que cumpla y tampoco se han dispuesto medidas de control adecuadas.
- Deben simplificarse los complejos trámites de legalización y a ser posible deben ser desvinculados de la instalación convencional que a veces tienen requerimientos específicos y exigentes en materia de seguridad.
- Son necesarios mecanismos de certificación y cualificación profesional específica de instaladores de energía solar térmica ya que no existe formación oficial acreditada que certifique o cualifique la capacidad técnica de los que ejecutan instalaciones solares térmicas.
- Se deben simplificar los trámites administrativos para la obtención de subvenciones que se convocan por parte de las CCAA. Muchas veces se hacen de una manera heterogénea empleando diferentes procedimientos que deberían estar coordinados.

En relación con las competencias autonómicas, se destacan algunos de los aspectos actualmente regulados que se deberían simplificar:

- Permisos de industria y de suministro de energía
- Autorizaciones ambientales (DIA) y de utilidad pública. Especial precaución debe tenerse en los emplazamientos que se encuentren bajo alguna figura de protección
- Autorización administrativa previa y de construcción. Las solicitudes pueden implicar el abono de las tasas autonómicas correspondientes e incluir periodos de información pública y de recepción de alegaciones que aumentan los plazos de los proyectos presentados.
- Ejecución de las instalaciones. Deben someterse exclusivamente a los reglamentos técnicos correspondientes y considerar tanto la inspección inicial como las inspecciones periódicas, los certificados de instalación y de fin de obra, así como la autorización de explotación

Asimismo, y en el caso de los relacionados con la normativa local:

- En cada emplazamiento, deberá evaluarse la compatibilidad de la instalación con los usos permitidos, la calificación y el grado de protección sobre el suelo que el planeamiento urbanístico en vigor tenga establecidos.
- Licencia de obras e impuesto de construcciones y obras (ICIO).
- En función de las características de la instalación, la normativa municipal definirá si es suficiente realizar una declaración responsable o una comunicación previa de obra.
- La normativa municipal podría exigir también la aportación de estudios de cargas y de resistencia al viento, nieve otros estudios similares para ubicaciones sobre cubiertas.

- Deberá liquidarse la tasa y el impuesto de construcciones y obras (ICIO), regulado por la Ley Reguladora de Haciendas Locales. Este impuesto puede estar bonificado hasta en un 95%.
- Adicionalmente los ayuntamientos pueden considerar bonificaciones sobre el Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI) por inversiones en energías renovables de hasta el 50% del impuesto.
- Debe verificarse el alcance de la licencia de obras, para tenerlo en cuenta en la planificación de las actuaciones, y si la concesión de esta licencia obliga a realizar algún trámite ulterior, como la presentación de certificaciones fin de obra o reliquidaciones del ICIO.

En estos asuntos también se destaca la necesidad de utilizar los avances realizados en la tecnología fotovoltaica y aplicar regulaciones y normativas equivalentes tanto fiscales, como legislativas, etc.

6 Análisis del estado actual

Con el fin de establecer un plan de promoción del mercado solar térmico en el sector industrial conociendo el potencial y las barreras identificadas anteriormente, este capítulo analiza las condiciones de partida definidas por:

1. El estado actual de utilización de la tecnología solar térmica en procesos industriales evaluando el tamaño del mercado y, si fuera posible, inventariando los proyectos y las instalaciones solares térmicas existentes.
2. Las condiciones de contorno de la situación económica, ambiental, social, etc. para conocer las estrategias y políticas que se quieren implantar a nivel nacional que directamente derivan de la situación regional e internacional incorporando las singularidades y los detalles nacionales que corresponda.
3. El posicionamiento y el punto de vista de los actores del mercado que incluye a las administraciones públicas relacionadas con el sector, a las empresas del sector oferta, ya sean fabricantes, distribuidores, instaladores o empresas de servicios energéticos y a las empresas del sector demanda representadas por las asociaciones industriales sectoriales.

6.1. Proyectos e instalaciones existentes

La situación actual de las instalaciones solares térmicas en procesos industriales se puede resumir en que, aunque existen pocos proyectos solares en la industria, hay un nivel de experiencias significativas suficientes y demostrativo que es necesario conocer y difundir para plantear su expansión.

Debido a la escasa penetración actual de la tecnología en España es necesario elevar la visión a un plano internacional para destacar los proyectos que pueden actuar como demostrativos, no solo con respecto a las tecnologías a utilizar sino también respecto a los procesos a los que abastecen. Por tanto, en este apartado se describe el estado actual de desarrollo de los proyectos de instalaciones solares térmicas en industrias a nivel comercial, así como proyectos de demostración, investigación y desarrollo de aplicaciones de la tecnología. Para eso se realiza un análisis de:

- Instalaciones solares térmicas en industrias a nivel internacional
- Instalaciones solares térmicas en industrias a nivel nacional
- Proyectos de desarrollo tecnológico

6.1.1. Instalaciones solares en industrias a nivel internacional

El calor solar para procesos industriales sigue registrando un interés creciente y tiene, a finales de 2020, unos 900 proyectos en funcionamiento en todo el mundo, lo que representa más de 1,1 millones de m² de área de colectores y cerca de 500 MWt de capacidad (IEA SHC, 2021). Se utilizan principalmente para aplicaciones industriales con demandas de calor a baja temperatura como en las industrias alimentarias, textiles y químicas, aunque también existen numerosos ejemplos de uso a mayores temperaturas.

Existe una base de datos¹⁸ que recoge las aplicaciones de las plantas solares térmicas integradas en procesos industriales a nivel mundial que se creó en el marco de la Tarea 49 de la IEA. Esta base de datos contiene una descripción de las plantas solares térmicas existentes que proporcionan energía térmica para los procesos de producción de los diferentes sectores industriales y contiene la información disponible sobre el tamaño del sistema de captación, la tecnología utilizada o el punto de integración en el proceso de producción.

El usuario de dicha base de datos puede acceder fácilmente a la información obteniendo información detallada de las plantas solares térmicas identificadas y se pueden crear las estadísticas que le puedan interesar en función de diversos criterios como las tecnologías de captadores, el tamaño del sistema de captación, por países, por costes, etc.

En la base de datos están registradas un total de 346 plantas cuya distribución en el mundo queda recogida en la siguiente figura:

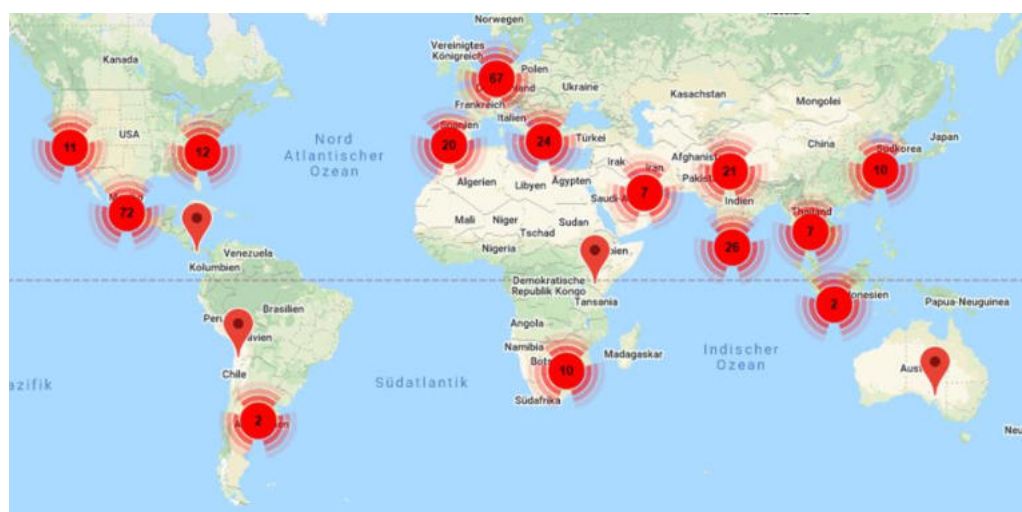


Figura 45: Distribución de las plantas solares térmicas en industria registradas en el marco de la Tarea 49 de la IEA

¹⁸ Ver <http://ship-plants.info>

Extractada la información de la base de datos, y a los efectos de identificar los principales sectores industriales por el número de plantas de energía solar térmica instaladas, se pueden destacar los tres siguientes:



Figura 46: Principales sectores industriales por el número de plantas de energía solar térmica instalados

A continuación, se destacan los datos característicos de las plantas de instalaciones solares térmicas de mayor tamaño para aplicaciones industriales:

Titular	Codelco
País	Chile
Sector	Minería
Aplicación	Electroobtención
Tecnología	CS Plano
Sup. Captación	39.300 m ²
Vol. acumulación	4.300 m ³



Titular	Ostervang
País	Dinamarca
Sector	Invernadero
Aplicación	Frutas verduras
Tecnología	CS Plano
Sup. Captación	15.680 m ²
Vol. acumulación	4.800 m ³



Titular	Issoudun
País	Francia
Sector	Alimentación
Aplicación	Secado malta
Tecnología	CS Plano
Sup. Captación	14.252 m ²
Vol. acumulación	3.000 m ³



Titular	Daly TExtile
País	China
Sector	Textil
Aplicación	Proceso de teñir
Tecnología	CS Plano
Sup. Captación	13.000 m ²
Vol. acumulación	900 m ³



Figura 47: Datos característicos de las plantas de instalaciones solares térmicas de mayor tamaño

6.1.2. Instalaciones solares en industrias de España

En el caso de España, el estudio anteriormente citado incluye algunas plantas que ya no están operativas por lo que, se ha realizado un análisis más exhaustivo para extraer, como ejemplos de instalaciones existentes y en funcionamiento, las que figuran en la tabla adjunta con los datos correspondientes al año de instalación, la aplicación, la localización y la superficie de captación.

Se puede resaltar que han existido algunas instalaciones más que han dejado de funcionar, normalmente, por el cese o traslado de la actividad industrial, pero, en otros casos, debido a errores de diseño o falta de mantenimiento.

En cualquier caso, más de la mitad de esas experiencias acreditan más de 15 años de vida útil y alguna cercana a los 40 años por lo que se puede resaltar que los objetivos de durabilidad están contrastados. En algunos casos, las instalaciones han estado monitorizadas por lo que se dispone de alguna información que acredita sobre su correcto funcionamiento.

AÑO	APLICACIÓN INDUSTRIAL	PROVINCIA	Sup. (m2)
1994	Lavado cisternas	Huelva	138
2000	Climatización	Sevilla	151
2004	Matadero	Cádiz	79
2004	Lavado cisternas	Girona	510
2004	Lavado cisternas	Girona	202
2007	Fábrica automóviles	Valladolid	243
2007	Fábrica automóviles	Ávila	530
2007	Fábrica automóviles	Sevilla	338
2008	Industria alimentaria	Tenerife	290
2010	Climatización acuicultura	Huelva	300
2011	Industria alimentaria	Badajoz	252
2011	Industria alimentaria	Valladolid	75
2012	Productos metálicos	Valencia	180
2015	Lavandería industrial	Cáceres	88
2015	Industria alimentaria	Segovia	44

Tabla13: Distribución y antigüedad de las principales instalaciones en España

Puede observarse que, por sectores industriales, las aplicaciones de las instalaciones solares térmicas más desarrolladas han sido:

- Industria alimentaria de cualquier tipo que consume agua caliente y, a veces, en forma de vapor (envasadoras, mataderos, bebidas, etc.).
- Lavadero de camiones cisterna.
- Tratamiento y pintura de superficies metálicas.
- Lavandería industrial.

Según las tecnologías utilizadas, aunque en algún caso se ha utilizado tubos de vacío, la mayor parte de las instalaciones han utilizado captadores planos con tratamiento selectivo. Desde el punto de vista del diseño los proyectos son muy similares a los de calefacción y producción de ACS en los sectores residencial y de servicios no encontrándose diferencias significativas.

En cuanto a la distribución geográfica de las instalaciones, no se observa una concentración exclusivamente relacionada con condiciones climáticas más favorables, con radiación solar y temperaturas más elevadas, sino que, por el contrario, existe un reparto relativamente uniforme por el territorio y los casos referenciados probablemente están más relacionados con las actividades promotoras del sector de oferta en regiones con programas de incentivos para reducir los costes de inversión y con empresas que comercializan dicho tipo de instalaciones.

Algunos ejemplos de estas instalaciones:

Instalación para fábrica de automóviles en Valladolid utilizada para trabajos de pintura y limpieza de carrocerías con 244 m² y 15.000 litros de acumulación realizada en 2007.



Figura 48: Instalación para fábrica de automóviles en Valladolid

Instalación fábrica de automóviles en Ávila destinada a trabajos de pintura y limpieza de carrocerías realizada en 2007 con 530 m² y 40.000 litros de acumulación.



Figura 49: Instalación para fábrica de automóviles en Ávila

Instalación para envasadora de aceitunas en Sevilla de 260 m² y 20.000 litros de acumulación realizada en 1998 (Instalación no operativa por traslado de la producción a otra localización)



Figura 50: Instalación para envasadora de aceitunas en Sevilla

Dos ejemplos de instalaciones para lavado de cisternas



Figura 51: Instalaciones para lavado de cisternas

Ejemplos de resultados de la monitorización del funcionamiento de instalación industrial:

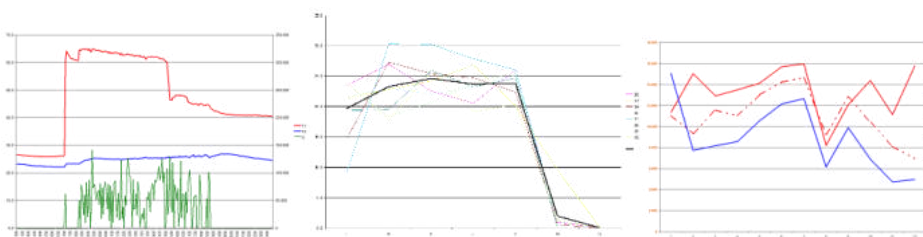


Figura 52: Ejemplos de resultados de la monitorización del funcionamiento de instalación industrial

Algunos datos y conclusiones de la experiencia adquirida y extraídos de la monitorización de estas instalaciones

Sobre el consumo de energía: se realiza para optimizar la producción y no por criterios energéticos. Es muy importante la evolución temporal del consumo, los periodos de no utilización de energía (fines de semana, periodos de vacaciones, etc.)

Sobre las prestaciones energéticas: se han validado los valores calculados mediante métodos simplificados ya que las prestaciones han sido superiores a las previstas. En muchos casos se detecta la necesidad de incorporar medidas de ahorro y eficiencia energética, aunque este asunto se va reduciendo por la incorporación de las auditorías energéticas.

Sobre el funcionamiento de las instalaciones: se ha evidenciado la necesidad de prever las condiciones extremas de operación (expansión, vapor, heladas, etc.) y la importancia de los equilibrados de caudales como los rendimientos de los sistemas intermedios (acumulación, intercambiador, aislamientos térmicos, etc.).

6.1.3. Proyectos de desarrollo tecnológico

Los proyectos de desarrollo de la energía solar térmica en industrias recogen actuaciones, unas ya completadas y otras en marcha, sobre todo a nivel internacional, que genera grupos de trabajo y discusión, proyectos de investigación e innovación para el avance de la tecnología, así como plantas de demostración que permiten la promoción de estas instalaciones. A continuación, se refieren los más importantes.

Programa SHC de la IEA

Dentro del programa de calefacción y refrigeración solar (Solar Heating&Cooling SHC) de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) se desarrollan varias tareas relacionadas con aplicaciones industriales de la energía solar térmica entre los que destacan:

- Tarea 33 (Terminada) Calor solar para procesos industriales
- Tarea 49 (Terminada) Integración del calor solar en procesos industriales
- Tarea 62 Energía solar en la industria del agua y residuos
- Tarea 64 Calor solar para procesos

Se recomienda acceder a los contenidos de dichas tareas (<https://www.iea-shc.org/tasks>) que generan una gran cantidad de documentación que puede ser, normalmente de forma gratuita, descargada por los interesados.

Proyectos de la UE

El programa de la Comisión Europea denominado **Intelligent Energy Europe (IEE)** que tenía como finalidad poner en práctica las políticas y los objetivos de la UE en materia energética, la creación de medios e instrumentos que promuevan la eficiencia energética, las energías renovables y el transporte sostenible. Información de proyectos se pueden obtener en <https://data.europa.eu/data/datasets/intelligent-energy-europe-project-database?locale=es>. Algunos proyectos relacionados con calor solar en industrias fueron:

- SDH y SDHPLUS
- TRANSPARENSE: Servicios energéticos, auditorías energéticas y gestión energética para los sectores de edificios, industria y alumbrado público. www.transparens.eu
- SO-PRO: Estudio de viabilidad del recurso solar térmico para las industrias, y oportunidades para las ESEs (<https://www.solar-process-heat.eu/>)
- SUNSTORE

El **Programa Horizonte 2020** de la UE era un instrumento financiero destinada a garantizar la competitividad global de Europa, así como un medio para impulsar el crecimiento económico y crear puestos de trabajo. Se considera que la investigación es una inversión de futuro y fue situada en el plan para el crecimiento y el empleo inteligente, sostenible e integrador. Al unir la investigación y la innovación, Horizonte 2020 está ayudando a lograr esto con su énfasis en la excelencia científica, el liderazgo industrial y el abordaje de los desafíos sociales. El objetivo era que Europa produzca ciencia de clase mundial, elimine las barreras a la innovación y facilite que los sectores público y privado trabajen juntos para generar innovación. La investigación y la innovación en materia de energía desempeñan un papel importante para satisfacer las

necesidades energéticas en constante aumento y, al mismo tiempo, luchar contra el cambio climático

Aunque la solar térmica de baja temperatura se ha considerado normalmente tecnología madura a la que no se daba especial relevancia y no requería apoyos institucionales. No obstante, incorporada en proyectos de mayor alcance se encuentran algunos ejemplos:

- OPTI: Con un diseño centrado en el usuario, contribuiremos a los sistemas de calefacción y refrigeración de distrito de próxima generación”
- ELSA: Sistemas de acumulación
- LS SAC: Refrigeración por absorción solar de bajo coste
- SHIP2FAIR: fomentar la integración del calor solar en los procesos industriales del sector agroalimentario, que es el mayor sector manufacturero y el principal empleador.

El **Programa Horizonte Europa**, como su predecesor Horizonte 2020, es el programa marco de investigación e innovación de la UE para el período 2021 -2027 y es el instrumento fundamental para llevar a cabo las políticas de I+D+I de la UE. El objetivo general del programa es alcanzar un impacto científico, tecnológico, económico y social de las inversiones de la UE en I+I, fortaleciendo de esta manera sus bases científicas y tecnológicas y fomentando la competitividad de todos los EEMM.

El área de Energía (<https://www.horizonteeuropa.es/clima-energia-movilidad/energia>) del Programa Horizonte Europa dirige sus acciones a conseguir, por un lado, un suministro de energía más sostenible segura y competitiva y por otro lado un uso más eficiente y sostenible de la energía en edificios, ciudades e industria. Para ello cuenta con las siguientes líneas de actividad:

- Energías renovables.
- Sistemas energéticos, redes y almacenamiento.
- Tecnologías de captura, almacenamiento y uso de CO2.
- Eficiencia energética en edificios e industria.
- Comunidades y ciudades.

Otros programas

Solar Payback¹⁹

El objetivo del proyecto Solar Payback es promover el uso del Calor Solar para Procesos Industriales (SHIP) en cuatro países: Sudáfrica, India, México y Brasil. El proyecto crea conciencia sobre el potencial técnico y económico de tecnologías SHIP a través de información clara y transparente acerca de los costos y beneficios de aplicaciones SHIP, y ayuda a crear sistemas de referencia. Solar Payback también colabora con instituciones financieras para desarrollar modelos que asistan a diferentes actores e inversionistas en el acceso a financiamiento

¹⁹ Ver <https://www.solar-payback.com/?lang=es>

APPSOL²⁰

El objetivo del proyecto APPSOL desarrollado en Chile por la empresa AIGUASOL, era promover un mayor conocimiento y las formas de adaptar las diferentes aplicaciones tecnológicas de la energía solar térmica a las condiciones particulares de la industria productiva nacional, con el fin de estimar el potencial técnico-económico de la implementación de estas tecnologías de energías renovables en sus respectivos procesos industriales de calor y frío.

6.2. Marco estratégico actual

Para analizar las condiciones de contorno actuales se requiere estudiar la situación económica, social, industrial y política en la que se va a desarrollar el impulso a este mercado para alinear las actuaciones con los mismos programas y objetivos estratégicos. Se realiza una descripción general de las acciones políticas que están relacionadas con los temas climáticos y energéticos, pero sin mayor profundidad ya que quedaría fuera del alcance de este documento.

De la situación internacional cabe destacar que las nuevas políticas energéticas están derivadas de la toma de conciencia por **la emergencia climática** y de los **planes de descarbonización** que requieren un cambio de mentalidad importante y un esfuerzo inversor de gran calado.

A nivel mundial y en ese sentido, debe destacarse el impulso producido por los resultados de la COP21 celebrada en París en 2015 donde se estableció el marco global contra el cambio climático, así como por la aprobación de la Agenda 2030 por la Asamblea General de la ONU que plantea los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En Europa, los planes de descarbonización se están concretando en estrategias (EU Green Deal, Next Generation, etc.), hojas de ruta específicas que suponen un incremento de uso de las energías renovables que directamente se están trasladando a los países miembros y cuyos principales planes se refieren a continuación.

La legislación europea relativa a la promoción de las energías renovables ha evolucionado notablemente en los últimos quince años. En la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables ya se estableció el objetivo de una cuota del 20 % de energías renovables en el consumo de energía final total de la Unión a más tardar en 2020, pero en 2018 se acordó que ese objetivo se incrementara del 32 % para 2030. En julio de 2021, a la vista de las nuevas ambiciones climáticas de la Unión, se propuso que dicho objetivo se revisara y pasara a ser del 40 % para 2030 como parte de la aplicación del Pacto Verde Europeo, para adaptar sus objetivos en materia de energía renovable a su nueva ambición climática.

El Pacto Verde estableció, en 2019, una visión detallada para hacer de Europa un continente climáticamente neutro en 2050 mediante el suministro de energía limpia, asequible y segura. Para ello establece, además del objetivo general del 40%, los siguientes:

²⁰ Ver <http://appsol.cl/>

- un nuevo valor de referencia para 2030 del 49 % de uso de energías renovables en los edificios;
- un nuevo valor de referencia de un aumento anual de 1,1 puntos porcentuales en el uso de energías renovables en la industria;
- un incremento vinculante de 1,1 puntos porcentuales anuales para los Estados miembros en el uso de energías renovables para calefacción y refrigeración;
- un aumento indicativo de 2,1 puntos porcentuales anuales en el uso de energías renovables y de calor y frío residuales para la calefacción y refrigeración urbanas.

Por último, en mayo de 2022 el plan REPowerEU ha incrementado el objetivo de contribución renovable a un 45 %.

6.2.1. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

Para identificar los antecedentes europeos y nacionales del PNIEC, a continuación, se citan y resumen los contenidos de las directivas europeas incluidas en el “Paquete de Energía Limpia” (o de invierno) así como los principales elementos del Marco Estratégico de Energía y Clima:

PAQUETE DE ENERGÍA LIMPIA. Tiene 4 Directivas:

DIRECTIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS 2018/844

- Senda para descarbonizar edificación en 2050 (ECN)
- Lucha contra pobreza energética en hogares
- Rehabilitación energética del parque existente

DIRECTIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2018/2002

- Objetivo de Ahorro Energético del 32,5% en 2030 desde 20% en 2020
- Ahorro medio del 4,4% del consumo anual del EM entre 2020 y 2030
- Incentivos a sector industrial, servicios y residencial para usar nuevas tecnologías

DIRECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES 2018/2001

- Objetivo del 32 de EERR en 2030 desde 20 en 2020
- Desarrollo Generación Distribuida y Autoconsumo
- Incorporación de EERR en Calor y Refrigeración

DIRECTIVA MERCADO INTERIOR DE LA ELECTRICIDAD 2019/944

Se resaltan con mayor detalle algunos contenidos de la DIRECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES:

- Medidas adecuadas en sus normas y códigos de construcción para aumentar la cuota de todos los tipos de energía procedente de fuentes renovables en el sector de la construcción
- Exigencia de uso de niveles mínimos de energía procedente de fuentes renovables en los edificios nuevos y en los ya existentes que sean objeto de una renovación importante
- Integración de Energías Renovables en el sector de la Calefacción y Refrigeración
- Fija una senda de incremento de Renovables Térmicas con un crecimiento del 1,1 % anual
- Promoción de la Calefacción y Refrigeración Urbanas

- Establece derechos para los usuarios de las redes como permisos de desconexión de las redes no eficientes, senda de crecimiento de uso de EERR en sistemas urbanos, etc.

MARCO ESTRATÉGICO PARA ENERGÍA Y CLIMA EN ESPAÑA

Establece una senda clara para la completa descarbonización y sus principales elementos son:

LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA	Ley 7/2021 que fija los objetivos de reducción de emisiones de GEI y penetración de energías renovables
PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030	Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de marzo de 2021 por el que se adopta la versión final
ESTRATEGIA DE DESCARBONIZACIÓN A 2050 (ELP)	Coherente con los objetivos marcados en el PNIEC los amplía para el año 2050.
ESTRATEGIA CONTRA LA POBREZA ENERGÉTICA	Documento final aprobado por el Consejo de Ministros del 5 de abril de 2019.
ESTRATEGIA DE TRANSICIÓN JUSTA	Acompañamiento para garantizar la justicia social y económica en la transición energética
ESTRATEGIAS SECTORIALES	Almacenamiento energético, Hidrógeno Renovable, Eólica Marina y Energías del Mar, Autoconsumo, Biogás

Tabla14: Marco estratégico para energía y clima en España

OBJETIVOS DE ESPAÑA Y LA ESTRATEGIA DE DESCARBONIZACIÓN

Se destacan los objetivos finales e intermedios:

	2016	2020	2030	2050
Reducción de emisiones vs 1990	+13%	+15%	-23%	-90%
Energía final de origen renovable	16%	20%	42%	100%
Electricidad de origen renovable	41%	39%	74%	100%
Mejora de la eficiencia energética		20%	40%	

Tabla15: Objetivos y estrategia de descarbonización en España

Se abordan con medidas distribuidas en 5 dimensiones:

- Dimensión DESCARBONIZACIÓN 20 medidas
- Dimensión EFICIENCIA ENERGÉTICA 10 medidas
- Dimensión SEGURIDAD ENERGÉTICA 4 medidas
- Dimensión MERCADO INTERIOR DE LA ENERGÍA 10 medidas
- Dimensión INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD 9 medidas

Para la DESCARBONIZACIÓN, que plantea disminuir emisiones un 23% en 2030 y un 90% en 2050 en el caso de las emisiones de procesos en el sector industrial se estima una disminución de un 30% (vs 1990):

Año	1990	2005	2015	2020	2025	2030
Emisiones	28.559	31.992	21.036	21.147	20.656	20.017

Tabla16: Objetivos de reducción de emisiones (miles de toneladas de CO₂ equivalente) en España

CUOTA DE ENERGÍAS RENOVABLES EN CONSUMO FINAL BRUTO DE ENERGÍA

MEDIDA 1.5. APOYO AL SECTOR INDUSTRIAL

OBJETIVO: Aumentar uso de renovables en subsectores que ya las consumen y diversificar los subsectores industriales Concentración en cuatro (de pasta y papel, alimentación, bebidas y tabaco e industria maderera y derivados). La introducción de energías renovables en la industria es un reto imprescindible para descarbonizar.

MECANISMOS:

- Programas de ayudas para incorporar energías renovables en los procesos industriales en función del potencial, coste y características de la tecnología, y del potencial de mejora de su huella de carbono
- Desarrollo de capacidades institucionales incorporación de la vertiente energética en las herramientas de política industrial (en todos los niveles de la administración)

- Acuerdos sectoriales Se realizarán acuerdos voluntarios con determinados subsectores industriales para propiciar el aumento del consumo de energía renovable
- Ayudas a la realización de estudios, informes y auditorías energéticas que faciliten a la industria el paso a procesos menos intensivos en carbono

MEDIDA 1.6. MARCO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES TÉRMICAS

OBJETIVO: Penetración de fuentes de Energías Renovables y desplazamiento de fuentes fósiles expansión de tecnologías poco implantadas, participación de nuevos actores e innovación

MECANISMOS: Mecanismo de obligaciones Origen de fondos Comunidades Energéticas Renovables Garantías de origen térmico, Renovables en la edificación Revisión CTE y RITE,

Programas de ayudas: Préstamos y subvenciones en edificios o redes de calor, en función de las características, potencial y costes de cada tecnología, así como potencial de mejora de la huella de carbono La renovación del parque solar térmico instalado.

- Adecuación del marco fiscal para establecer señales que incentiven la electrificación y el uso de renovables para las necesidades térmicas, así como evitar una subvención indirecta de los combustibles fósiles
- Promoción de redes de calor y frío Evaluación del potencial de uso de energías renovables y calor y frío residual en redes
- Desarrollo normativo Evaluación del potencial de estas redes en nuevos desarrollos urbanísticos, desarrollo de comunidades energéticas renovables en redes de climatización, etc.

MEDIDA 1.19. GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO, DIVULGACIÓN, SENSIBILIZACIÓN Y FORMACIÓN

OBJETIVO Ahondar en la concienciación de los ciudadanos y sectores público y privado sobre la necesidad de abordar el proceso de descarbonización y difundir las herramientas, tecnologías o prácticas para reducir el consumo de energías fósiles, incrementar la aportación de energías renovables, reducir las emisiones de GEI y aprovechar el potencial de los sumideros de carbono.

- Campañas de información y formación sectorial en materia de energía y clima
- Colaboraciones con sectores objetivo (convenios): Programas con imagen propia ligada a un control de calidad de las empresas asociadas que trataba de garantizar el éxito de las operaciones realizadas
- Acceso a la información del consumo
- Fomento de la inclusión de criterios ecológicos en la contratación pública
- Fomento del cálculo de la huella de carbono y su reducción
- Formación de profesionales (Guías Técnicas)

6.2.2. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

El plan de recuperación para Europa permite canalizar los fondos destinados a reparar los daños provocados por la crisis del COVID-19 y, a través de reformas e inversiones, construir un futuro más sostenible. Es un instrumento temporal de recuperación dotado con 750.000 M€ y la Comisión Europea redistribuye a los estados miembros los recursos con diferentes elementos, pero la mayor parte (672.500 M€) a través del Plan de recuperación, transformación y resiliencia (PRTR).

El PRTR (<https://pladerecuperacion.gob.es>) que recoge la estrategia española, dispone de 4 ejes y 10 palancas. A su vez, las 10 palancas se desglosan en 30 componentes y 212 medidas (110 inversiones y 102 reformas)

La **Palanca III Transición energética justa e inclusiva** propone el desarrollo de un sector energético descarbonizado, competitivo y eficiente permite movilizar inversión privada significativa, aportando certidumbre y un marco normativo previsible, aprovechar el enorme potencial renovable de nuestro país y las cadenas de valor existentes para reforzar la competitividad de cara a los mercados domésticos y de exportación.

Se incluyen 4 componentes:

- Componente 7: Despliegue e integración de energías renovables
- Componente 8: Infraestructuras eléctricas, promoción de redes inteligentes y despliegue de la flexibilidad y el almacenamiento
- Componente 9: Hoja de ruta del hidrógeno renovable y su integración sectorial
- Componente 10: Estrategia de Transición Justa

Proyectos estratégicos para la recuperación y transformación económica (PERTE)

Los PERTE son proyectos de carácter estratégico con gran capacidad de arrastre para el crecimiento económico, el empleo y la competitividad de la economía española, con un alto componente de colaboración público-privada y transversal a las diferentes administraciones.

Son una nueva figura, con vocación de permanencia, concebida como un mecanismo de impulso y coordinación de proyectos muy prioritarios, especialmente complejos o en los que exista un claro fallo de mercado, externalidades importantes o una insuficiente iniciativa o capacidad de inversión por parte del sector privado. Su objetivo es contribuir a una gestión ágil y eficiente de los fondos y reforzar aquellos proyectos que contribuyan claramente a la transformación de la economía española.

Los PERTE son aprobados por el Consejo de Ministros a partir de criterios objetivos y transparentes y son para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado, para la salud de vanguardia, de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento, en español (nueva economía de la lengua), economía social de los cuidados, aeroespacial y de la cadena agroalimentaria inteligente y sostenible.

El PERTE de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento es uno de los proyectos estratégicos para la recuperación y transformación económica. El PRTR

establece que casi un 40% de las inversiones se destinarán a la transición ecológica y con este PERTE se quiere apuntalar las áreas asociadas a la transición energética en la Yo tengo alguna duda Para lograrlo se ponen en marcha las siguientes actuaciones:

- 25 medidas transformadoras encaminadas al desarrollo de tecnología, capacidades industriales, nuevos modelos de negocio y su implantación en el tejido productivo del país.
- El sello distintivo Energía NextGen para dar seguimiento a los proyectos relacionados con un mismo objetivo estratégico que reciban distintas ayudas.
- 17 medidas de acompañamiento para favorecer el desarrollo del PERTE, como formación y capacitación que permita la adaptación de las industrias a las nuevas tecnologías y aprovechar las oportunidades de generación de empleo.
- Un sistema de seguimiento, evaluación y análisis del impacto en la cadena de valor de transición energética en España.

El apoyo económico del PERTE se otorgará a través de convocatorias de concurrencia competitiva para seleccionar los mejores proyectos. Las convocatorias compartirán unos criterios de selección comunes que tendrán en cuenta la participación de pymes, el impacto sobre la cohesión territorial, la creación de empleo y la innovación. El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico tiene previsto que el grueso de las líneas de ayuda y actuaciones esté disponible entre el 2022 y 2023, y los proyectos beneficiarios se ejecutarán hasta 2026.

6.2.3. Programas de ayudas

FEDER LÍNEAS TÉRMICAS

Son convocatorias de incentivos abiertas hasta el 31 de diciembre de 2021 que se definen por:

- Ayudas destinadas a proyectos de inversión de Energías Renovables Térmicas.
- Beneficiarios: Personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, comunidades de bienes, comunidades de propietarios, agrupaciones de comunidades de propietarios, etc.
- Régimen de concesión de ayudas: Concurrencia competitiva
- Cofinanciación FEDER, intensidad en función de la zona geográfica.
- Importe máximo de ayuda unitaria se establece por convocatoria y tipología de proyecto.
- Ayuda unitaria solicitada deberá ser inferior o igual al importe máximo de ayuda unitaria.
- Límite de 15 millones de euros por empresa por proyecto.
- Plazos de realización: Completamente finalizadas antes del 30 de junio de 2023.
- Justificación de los gastos subvencionables antes del 30 de septiembre de 2023.
- Tramitación electrónica obligatoria en todas las fases del procedimiento en la sede electrónica del órgano concedente.
- Criterios de valoración: económico, zona de transición justa, viabilidad administrativa y externalidades positivas

Hay que resaltar la apuesta de la Administración Central por el uso de la energía solar térmica en la industria, después de varios años sin ella, con ayudas específicas para dar

cumplimiento, entre otros objetivos, a los indicados en el PNIEC y en la Directiva de Renovables de la UE. que España está bien posicionada, como las energías renovables, la electrónica de potencia, el almacenamiento o el hidrógeno renovable, y reforzar aquellas con menor presencia.

Destacar que el éxito de no cerrar la convocatoria a las tecnologías más conocidas ha sido grande lo que permite disponer de proyectos solares de demostración de diversas tecnologías en la industria.

PAREER (I, II y III)

Tipologías de actuación	Cuantía máxima entrega sin contraprestación	Cuantía máx. préstamo reembolsable
(% s/ coste elegible)	Ayuda Adicional por criterio social, eficiencia energética o actuación integrada	
Tipo 1. Mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica	En función del uso del edificio y de acuerdo a lo establecido en Anexo I, para el tipo de actuación. Hasta los límites de la normativa de ayudas de Estado o tasa de cofinanciación FEDER en la Comunidad Autónoma donde radique el proyecto, según el Anexo V.	60%
Tipo 2. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación		70%
Tipo 3. Sustitución de energía convencional por energía solar térmica.		60%
Tipo 4. Sustitución de energía convencional por energía geotérmica		60%

Tabla17: PAREER (I, II y III)

La ayuda adicional hasta alcanzar una ayuda máxima, que dependerá de los siguientes criterios:

- **Criterio social:** actuaciones que se realicen en edificios de vivienda que hayan sido calificados definitivamente bajo algún régimen de protección pública o bien las actuaciones sean realizadas en edificios de viviendas situados en las Áreas de Regeneración y Renovación Urbanas.
- **Eficiencia energética:** actuaciones que eleven la calificación energética del edificio para obtener una clase energética "A" o "B", en la escala de CO₂, o bien, incrementen en (2) dos letras la calificación energética de partida
- **Actuación integrada:** actuaciones que realicen simultáneamente la combinación de dos o más tipologías de actuación.

Los préstamos reembolsables tendrán las condiciones siguientes: Euribor + 0,0 %, Plazo de amortización: 12 años (carencia opcional 1 año), aval bancario, contrato de seguro de caución, o depósito en efectivo a favor del IDAE por importe del 20% de la cuantía del préstamo.

Programa 6 del RD 477/2021: Climatización y ACS renovables en sector residencial

Solo aplicable a actuaciones en el sector residencial, no serían aplicables a las instalaciones de climatización y ACS con energía solar térmica en los edificios (oficinas, vestuarios, etc.).

Ayudas para renovables térmicas en diferentes sectores de la economía (RD 1124/2021)

Características de los programas de incentivos: territorializados, las CC.AA. responsables de la gestión y publicación, régimen de ayudas por concurrencia simple y período de vigencia: 31 de diciembre de 2023.

Comprende 2 programas de incentivos:

- **Programa de incentivos 1:** Realización de instalaciones de energías renovables térmicas en los sectores industrial, agropecuario, servicios y otros sectores de la economía, incluyendo el sector residencial.
- **Programa de incentivos 2:** Realización de instalaciones de energías renovables térmicas en edificios no residenciales, establecimientos e infraestructuras del sector público.

Requisitos técnicos generales (Anexo I.1):

- **MONITORIZACIÓN:** Todas las instalaciones deberán llevar un sistema de monitorización de la energía térmica producida que permita mostrar la producción energética renovable, en términos diario, mensual y anual.
- **CUMPLIMIENTO DEL RITE (RD 178/2021)**

6.3. Punto de vista de los agentes que intervienen en el sector

Para el conocimiento de las aplicaciones industriales de la tecnología solar térmica se ha considerado de especial interés analizar el posicionamiento y la visión expresada por los principales agentes del sector incluyendo a la Administración Pública involucrada, las empresas del sector solar térmico de oferta (principalmente socios de ASIT), así como las empresas de servicios energéticos, ingenierías, instaladoras y mantenedoras. Por otro lado, también se considera fundamental el punto de vista de los usuarios industriales.

Esta información junto con el conocimiento de la situación de partida y las condiciones de contorno ya descritas ha permitido identificar los intereses de cada parte, así como las oportunidades que se presentan y las aproximaciones necesarias para contribuir al lanzamiento del mercado.

6.3.1. Administración Pública

Se recogen las principales actividades que se desarrollarán en los próximos años:

Perspectivas de ayudas públicas nacionales y europeas

Se prevé que los ambiciosos objetivos que plantea la UE para combatir el cambio climático y lograr la descarbonización de la economía darán continuidad a las ayudas actualmente en marcha, enmarcados en los fondos Next Generation y FEDER 2021-2027, dirigidos renovables térmicas en el sector industrial.

Asimismo, el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero está regulado por la Ley 1/2005, de 9 de marzo. Se puso en marcha el 1 de enero de 2005, como medida fundamental para fomentar la reducción de emisiones de CO₂ en los sectores industriales y de generación eléctrica. En la actualidad, este régimen afecta a casi 1.100 instalaciones y un 45% de las emisiones totales nacionales de todos los gases de efecto invernadero.

Los Proyectos Clima del Fondo de Carbono para una Economía Sostenible (FES-CO₂) son proyectos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desarrollados en España.

Los Proyectos Clima, promovidos a través del FES-CO₂ e implementados a través del desarrollo de 8 Convocatorias entre los años 2012 y 2019, han sido concebidos para marcar una senda de transformación del sistema productivo español hacia un modelo bajo en carbono.

A lo largo de estos 10 años, la iniciativa ha recibido más de 1.100 propuestas constituyendo una herramienta de financiación climática que ha dado soporte a más de 800 proyectos, materializados a través de la firma de más de 400 contratos de compraventa de reducciones.

Los proyectos clima estarán ubicados en España, y serán desarrollados en los conocidos como “sectores difusos” (no sujetos al régimen europeo de comercio de

derechos de emisión), como son el sector del transporte, agricultura, residencial, residuos, etc.

También cabe destacar la recién anunciada estrategia REPowerEU y la Estrategia de Energía Solar de la UE destacan la necesidad de “triplicar como mínimo” el nivel actual de capacidad de generación de calor a partir de la energía solar térmica para 2030, lo que equivale a superar los 110 GWth de calor solar en Europa. Este objetivo representa una contribución esencial a la descarbonización de la demanda de calor de la UE, y tenemos la capacidad de fabricación en Europa para multiplicar la producción actual de solar térmica. Se reemplazarán las importaciones de combustibles fósiles con productos europeos y empleos europeos.

Apoyo esperado a la energía solar térmica

Es importante recalcar que el impulso de las energías renovables térmicas es tan importante como el de las eléctricas. Existen usos en la industria difícilmente electrificables que pueden ser abastecidos de forma muy eficiente con energías renovables térmicas.

A día de hoy, a pesar de que el impulso a la energía solar térmica, ha sido siempre una prioridad, sigue faltando concienciación, falta información, difusión, guías, y herramientas adecuadas que permitan explicar sus posibilidades económicas (rentabilidad, ayudas disponibles, etc.).

Con el fin de reducir la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles procedentes de Rusia, la Comisión Europea presentó el plan REPowerEU, que incluye un mayor objetivo para las energías renovables (45 %), una iniciativa pionera de tejados solares y medidas para la obtención de permisos. Estas iniciativas se complementan con propuestas más detalladas incluidas en la Estrategia de Energía Solar de la UE. En este ámbito, la energía solar térmica puede jugar un papel fundamental ya que es una tecnología no invasiva que no supone hacer cambios drásticos en los sistemas de generación de calor de las industrias, con los que puede convivir perfectamente, es de rápida instalación y supone un ahorro de consumo de combustible y por tanto una menor dependencia a la disponibilidad y precios del combustible utilizado importante.

6.3.2. Empresas del Sector Solar Térmico

Perspectivas de mercado

Las perspectivas de uso de la energía solar térmica han mejorado con el incremento del coste de la energía final apoyadas por las medidas de apoyo mediante subvenciones de las distintas administraciones. Si bien, a pesar de que el escenario es propicio, hay que potenciar la demanda de estos sistemas.

La puesta en marcha de las ayudas procedentes de los fondos FEDER del periodo 2021-203 y PRTR (RD1124/2021) supondrán la ejecución de un conjunto de proyectos que podrán tener un cierto efecto demostrativo en las industrias que pueden suponer un impulso importante para este incipiente mercado "solar térmico para procesos industriales" debido a las ayudas existentes y la creciente concienciación social.

Las ingenierías que desarrollan este tipo de proyectos son un actor muy influyente de cara a que las instalaciones se proyecten, ejecuten y operen de la forma más eficiente. Para ello es necesario facilitar a los ingenieros las herramientas adecuadas y realizar acciones de difusión y formación que amplíen su conocimiento y dominio sobre las tecnologías de energía solar térmica.

Mejora de la competitividad

Se plantean acciones, externas e internas, necesarias para mejorar la competitividad de la energía solar térmica en este mercado.

La difusión y aumento de la concienciación, de la mano de la administración sobre todo por su capacidad de convocatoria, y formación, pero también por el resto de los agentes involucrados es vital para el desarrollo e impulso del uso de esta tecnología.

Es necesario realizar acciones que mejoren la imagen de la energía solar térmica, potenciando sus ventajas y poniendo de relieve su contribución a la reducción de la huella de carbono de las empresas e industrias.

Es importante dar mayor difusión tanto a las bondades y rentabilidades de las inversiones en energía solar térmica como a las subvenciones, así como organizar jornadas específicas, conjuntamente con IDAE o Agencias CCAA, para promover el uso de energía solar térmica en procesos industriales ante los potenciales usuarios interesados.

- Difusión de las ayudas PRTR, FEDER y cualquier otra disponible directamente a los potenciales usuarios (industriales).
- Acciones concretas para desarrollar nuevos nichos de mercado, marketing one-to-one.
- Explorar diferentes vías de concienciación al empresario sobre los ahorros energéticos que genera la energía solar térmica.
- Reuniones y talleres con organismos empresariales, Cámaras de Comercio, asociaciones sectoriales, etc.
- Apoyo en el creciente mercado Europeo de la Solar Térmica en la Industria. Localización de casos de éxito y difusión y promoción de los mismos.

Las acciones, en general, radican en una mayor difusión, de las ayudas disponibles, trámites, de las ventajas de uso de esta tecnología que pueden obtener mediante la incorporación de esta tecnología en su proceso industrial.

La principal ventaja del uso de energía solar térmica es su necesidad y capacidad de hibridación con cualquier otra tecnología, ya que su uso no conlleva la sustitución del sistema de generación existente, o nuevo, sino que debe necesariamente coexistir con él.

Las redes sociales, juegan en la actualidad un papel fundamental para dar difusión a su uso. Es crucial crear redes de agentes interesados que representen el lado de la demanda (usuarios industriales, asociaciones sectoriales, etc.) y el lado de la oferta (fabricantes, instaladores, ingenierías, etc.) y pongan en contacto a ambos para que la comunicación sea directa y transparente.

Nuevos productos y servicios

Se prevé el desarrollo de nuevos productos y servicios específicos para su uso en procesos industriales como son:

- Captadores de Gran Formato altamente eficientes.
- Acumulación estacional.
- Sistemas combinados con gas e incluso bomba de calor. Las grandes instalaciones solares térmicas que se hibridan con bomba de calor se están desarrollando con éxito en Dinamarca en las Redes de Calor Solar.
- Digitalización y telemonitorización. La contabilización energética, el monitoreo y el registro de datos es esencial para poder alentar al empresario a declinarse por esta tecnología.
- En cuanto a los servicios, habría que desarrollar más departamentos de ingeniería capacitados para analizar proyectos específicos de industria con posibilidad de hibridar con otras tecnologías. Atraer a las ESEs para que incluyan la ST en su catálogo.
- También es interesante fomentar el uso de calefacción central en edificios y redes de calor en zonas urbanas y polígonos industriales. La producción de energía se beneficia mucho de economías de escala, y el impacto de descarbonización es mayor.

Priorizar el lanzamiento de la energía solar térmica en el sector industrial

Para conseguir un aumento significativo de las tecnologías solar térmicas en el sector industrial es necesario realizar una apuesta decidida por la difusión y formación de los diferentes agentes que participan en la toma de decisión, la construcción y operación de las instalaciones.

Se necesita un impulso que dé prioridad al desarrollo de este mercado y que mejore la confianza en la energía solar térmica entre los sectores industriales con necesidades de calor, donde claramente es la energía renovable más apropiada.

Para ello es necesario potenciar la labor comercial en estos sectores industriales apoyándola con argumentos sólidos basados en la eficiencia energética, la competitividad económica y su contribución a la descarbonización de los procesos industriales.

6.3.3. Empresas e Industriales

Perfil de las empresas entrevistadas

Han sido entrevistados representantes de grupos industriales con plantas en varios países (multinacionales), Pymes y Pequeñas Industrias.

Necesidades de calor y frío en su sector y principales incertidumbres asociadas al uso de la energía (estabilidad del precio, disponibilidad, emisiones, etc.). Porcentaje de los gastos de explotación que representan

Para todas las empresas la cuestión energética es muy importante, y normalmente el punto crítico de viabilidad. Una reducción pequeña en cuanto a consumo o eficiencia del proceso supone un balance positivo en las cuentas de explotación de la industria donde actúan las empresas de servicios energéticos entrevistadas.

Las industrias trabajan con precios de energía (PCI más CO₂) alrededor de los 90€/MWh. Es una cifra muy variable según las condiciones de compra de gas de cada cliente.

La producción de calor es una parte importante del coste de producción. En el sector del secado de malta, por ejemplo, hay un consumo de calor muy importante que representa una parte significativa de sus costes, por lo tanto, es una parte muy importante del valor añadido.

Las empresas de tamaño medio y pequeño buscan más estabilidad de precios energéticos, y las empresas grandes se decantan más por la reducción de emisiones, aunque sin olvidar la estabilidad de precios y ahorros.

Principales procesos por sector con necesidad de calor/frío

La alimentación de agua a un proceso suele suministrarse a temperatura baja y en muchos casos en circuito abierto para su consumo directo (sin recirculación), para usar directamente en su producto (bebidas, cerveceras, zumos, caldos, etc.). En otros casos, como por ejemplo, de uso de agua para lavado de productos o desinfección (frutas y verduras, carnes, pescados, etc.) sí que se emplean circuitos cerrados.

Han sido identificados por parte de los representantes de las empresas entrevistadas multitud de procesos en el sector industrial que necesitan calor y en los que resultaría aplicable la energía solar térmica.

Algunos ejemplos:

- Secado de productos alimentarios (malta, lactosuero)
- Precalentamiento de agua para caudal entrante en calderas
- Secado de tejas y ladrillos de arcilla previo a cocción en horno
- Redes de calor

Principales equipos/sistemas instalados para generar calor/frío en su sector y su edad media.

En este punto, como es lógico, las respuestas de las empresas son muy variables y hacen referencia tanto a equipos nuevos como a otros obsoletos que requieren de su sustitución y en los que el potencial de integración de la energía solar térmica se considera elevado.

Disponibilidad de datos de temperaturas y consumos energéticos por proceso productivo. Evaluación del coste de generación. Depende del tipo de empresa.

Esta es una información importante de cara a evaluar la idoneidad de implementar la energía solar térmica en las industrias. La respuesta es desigual en función de las empresas entrevistadas, pero puede destacarse que en las grandes no hay problema de obtención de datos si el promotor de la nueva instalación está realmente interesado.

Proceso de decisión de nuevas inversiones

Las pequeñas empresas son más rápidas en la decisión, y les mueve la rentabilidad, mientras que las grandes empresas, son mucho más lentas en la decisión, y se mueven por planes de descarbonización.

Todas ellas, sin embargos, precisan la realización de un estudio de viabilidad técnico-económica para encontrar un escenario rentable de producción de calor o de venta de calor para el cliente en el caso de las ESEs. La decisión de compra la toma el cliente, es decir el director de planta, director industrial del grupo, director operaciones etc...

El proceso de toma de decisión es complejo, pero presenta una secuencia de pasos común que es importante planificar y considerar de forma ordenada: contacto, evaluación técnica, evaluación financiera, revisión, CEO o departamento que decide, contrato o aceptación, proceso productivo instalación, instalación y puesta en marcha.

Rentabilidades exigidas a las inversiones para el suministro energético, cómo les influye el mercado de emisiones y que otras consideraciones entran en la decisión.

El TIR varía entre el 5 – 7% según los tipos de interés, la fiabilidad del cliente, los costes del proyecto, etc.. Las principales razones manifestadas por las empresas para la toma de decisión son el ahorro y la rentabilidad económica y la reducción de emisiones y la optimización proceso.

Participación de las empresas de servicios energéticos para el suministro energético en su sector, sin inversión por el industrial

Las empresas participantes indican que la mayoría de las operaciones se han hecho directamente con financiación, o recursos propios de la empresa. Aunque alguna sí se ha realizado a través de ESE.

Valor de la utilización de solar térmica dentro de las acciones de RSC y de Imagen pública

Las empresas entrevistadas valoran la contribución de la energía solar térmica a la hora de potenciar su imagen pública y de potenciar la Responsabilidad Social Corporativa de las compañías, ya que es la tecnología que más emisiones evita y con menor Huella de CO₂. Los clientes comunican muchos aspectos sobre las centrales solares y en algún caso se han convertido en una herramienta para el industrial a la hora de demostrar su compromiso medio ambiental y su voluntad de invertir en la planta de cara a tanto a sus accionistas como a sus empleados. No obstante, en algún caso de los entrevistados se hace referencia a que se prefiere tener la instalación y no publicitarla.

Experiencias previas con solar térmica

La experiencia de utilización de energía solar térmica en los procesos industriales ha sido bien valorada por las empresas participantes.

En las entrevistas realizadas se han identificado casos de instalaciones solares térmicas con más de 20 años de servicio que han sido renovadas y ampliadas con la misma tecnología actualizada.

Percepción de cambios necesarios para implementar solar térmica

Las empresas perciben como un factor clave para la decisión de instalar tecnologías de energía solar térmica el hecho de que es uno de los sistemas que menos cambios necesita en su proceso de implantación.

7 Propuestas de desarrollo

A partir del análisis de la demanda y el potencial solar, así como de las condiciones de partida que se han descrito con anterioridad, se proponen medidas para el desarrollo del mercado de instalaciones solares térmicas en las industrias desglosando su análisis en tres niveles asociados a los diferentes objetivos y plazos de implantación, diferenciando:

- Cómo se considera que debería ser un mercado solar térmico en el futuro (2050)
- Recomendaciones de actuación y estrategias que se podrían plantear a largo plazo (2030)
- Las medidas más inmediatas para orientar las actuaciones en los primeros años (2024)

7.1. Soluciones de futuro (2050)

Sobre la base de buscar la independencia energética, hay que tener siempre presentes las perspectivas globales y los retos que las mismas plantean:

Perspectivas	Retos
La emergencia climática y la descarbonización de la economía es el objetivo global	• Impulso a las renovables térmicas y la mejora de la eficiencia energética como herramientas para descarbonizar la economía. • Importancia creciente de los aspectos sociales (creación de empleo y lucha contra la pobreza energética) y medioambientales • Incorporar la solución renovable para la demanda de energía térmica • Disponer de apoyo de la administración incondicional
El mercado potencial es enorme en España y globalmente	• Alcanzar un determinado nivel de introducción en el mercado industrial • Para cubrir la demanda térmica será necesario hibridar tecnologías y la producción solar térmica se podrá complementar con biomasa, fotovoltaica con bombas de calor, etc.
La tecnología solar térmica está preparada para abordar las demandas a baja y media temperatura que representan el 50% del total	• Mejora de la concienciación y de las posibilidades de uso de la tecnología por parte de todos los agentes implicados. • Reducción de costes y aumento de la fiabilidad de los sistemas y de la eficiencia global • Conexión con las redes de calor

	• Almacenamiento de gran tamaño y soluciones centralizadas • Desarrollo de conceptos de hibridación • Mejorar los esquemas de financiación (ESEs)
--	---

Tabla18: Perspectivas y retos de la energía solar térmica

Visto el enorme potencial de la solar térmica en industrias, las barreras existentes y la situación actual se hace necesario definir las soluciones que consolidarán la energía solar térmica como tecnología sostenible en el futuro con el fin de fijar unos objetivos claros que permita establecer una hoja de ruta para orientar todas las actuaciones a corto y largo plazo que posteriormente se describen.

Sin carácter restrictivo y de forma resumida, las justificaciones genéricas siempre deberán estar incorporadas en las soluciones que deberán estar caracterizadas por ser:

- Medioambientalmente sostenibles
- Económicamente rentables
- Desarrolladas por estructuras locales (redes de calor, comunidades energéticas, etc.)
- Suministradas y controladas por ESEs cercanas o gestores energéticos equivalentes
- Apoyadas por normativa y regulación favorable, con procedimientos sencillos.

Para establecer criterios específicos sobre la tecnología solar térmica en relación con los objetivos a largo plazo, se resumen los resultados extraídos de los informes finales de las Tareas 49 y 54 de la IEA que indican que las instalaciones solares térmicas deberían ser:

Soluciones hibridadas integradas en un suministro energético completo

En general, el suministro energético completo a una industria supone la solución para abastecer todas sus demandas energéticas, tanto eléctricas como térmicas, después de haber implantado las medidas de ahorro y eficiencia energética que las hayan reducido significativamente. Las demandas térmicas, en particular, deberían ser atendidas por un único suministro de energía térmica mediante sistemas que integren la producción solar y la energía auxiliar.

El suministro de energía al sector industrial debería estar basado en soluciones híbridas y estrechamente vinculadas a estructuras regionales y locales (como comunidades energéticas, empresas cercanas, etc.). Las soluciones híbridas para el suministro térmico completo de la industria con energías renovables necesitan una interacción innovadora y coordinada de todas las posibles fuentes incluyendo calor solar de proceso, bombas de calor, biomasa y biogás, así como calor y frío procedente de sistemas de climatización urbana. En este punto, es necesario identificar las condiciones de las diferentes demandas para investigar y desarrollar las soluciones específicas para los diversos sectores de la industria y las diferentes localizaciones.

Soluciones que utilicen nuevos desarrollos

Será necesario alcanzar contribuciones solares más altas en los proyectos industriales a gran escala incorporando nuevos desarrollos de captación y almacenamiento de la energía térmica.

Los desarrollos de nuevos captadores permitirán temperaturas de trabajo más elevadas, con un enfoque directo a reducir su peso, utilizando captadores de mayor tamaño que utilicen procedimientos de instalación simples que tienen el máximo potencial de reducción de costes.

El uso de nuevos sistemas de almacenamiento de gran tamaño y más eficientes continuará siendo un tema de investigación importante hasta lograr capacidades de acumulación que los hagan económicamente factibles.

Soluciones integradas en los procesos en los casos que sea posible

La integración de la energía solar térmica en los procesos industriales se centrará en las nuevas tecnologías de los procesos. Por un lado, se centrará en nuevas tecnologías que proporcionen el uso de calor a baja temperatura (por ejemplo, tecnologías de separación impulsadas térmicamente, destilación por membranas) y, por otro lado, será decisivo un enfoque de investigación más integrado que conecte instalaciones solares térmicas completas con las tecnologías de proceso.

7.2. Propuestas a largo plazo (2030)

Desde 2020, el uso de tecnologías renovables para la producción de calor se ha impulsado directa o indirectamente a través de varios mecanismos que incluyen desarrollos de políticas energéticas, algunos de los cuales forman parte de planes de estímulo y recuperación. Algunas medidas han consistido en dar continuidad o ampliar políticas existentes, mientras que otras han implementado nuevos esquemas de apoyo. Entre estas nuevas medidas se encuentran incentivos directos, como subsidios, incentivos fiscales, y programas de financiación para sistemas de calefacción renovables, así como para la electrificación de la calefacción (como, por ejemplo, con bombas de calor) en el sector de edificios e industrial. Otras medidas incluyen la implementación de un precio nacional de CO₂, exigencias de contribución renovable en la normativa técnica de energía en la edificación y apoyo para la expansión y conversión de redes de calefacción urbana a fuentes de calor renovables (por ejemplo, con energía solar térmica, biomasa, etc.) así como para el uso de hidrógeno de origen renovable en procesos industriales. También se espera que varias políticas dirigidas a la eficiencia energética en la industria y la rehabilitación de los edificios desempeñen un papel clave a la hora de permitir nuevas oportunidades para las tecnologías de calor renovable.

Los incentivos financieros siguen siendo el tipo más común de apoyo a las políticas para fomentar el calor renovable a corto plazo mientras que las medidas regulatorias lo son en la mayoría de los casos a largo plazo.

A continuación, se definen para las barreras identificadas, sus causas y las posibles soluciones que deberían implantarse en este periodo:

BARRERAS		CAUSAS	POSIBLES SOLUCIONES
1	Costes de inversión	Elevado coste instalaciones	Innovación en productos, crecimiento de mercado, economía de escala en grandes instalaciones, etc.
		Ingeniería y proceso montaje	Normalizar y optimizar diseños
		Red de distribución	Canales directos de comunicación con los usuarios, ESEs, etc.
		Nuevos Desarrollos	Mayores experiencias
		Monitorización	Seguimiento y control
2	Rentabilidad económica	Requisitos propiedad PRS y TIR	Comparar otras inversiones e internalizar otros costes de mercado como la mejora competitiva que supone la mejora medioambiental del producto y la empresa
		Costes OM previsible	Conocimiento real OM
		Durabilidad instalaciones	Proyectos para largo plazo
		Inversiones por adelantado	Fiabilidad garantizada
		Acceso a la financiación	Garantías con los ahorros
3	Competencia de combustibles fósiles	Precios de energía a empresas	Aumento previsible costes fuentes de energía fósil (GN, GLP, Gasoil, etc.)
		Incorporar externalidades	Incorporar tasa CO2
		El rendimiento teórico de los generadores siempre es alto pero el estacional no se mide	Necesidad de comparar en energía térmica y se deben disponer medidas continuas de los procesos
		Solar no reduce inversión auxiliar	Integrar en acumulación
		Comparativa mediante indicador LCoH	Difundir definición y valores
4	Seguridad de suministro	Disponibilidad de las fuentes de energía	Las renovables disponibles con continuidad pero las fósiles no tienen seguridad de suministro y pueden faltar en ocasiones
5	Concienciación de los usuarios	Escasa conciencia de la existencia de la energía térmica renovable y desconocimiento de sus posibilidades	Promoción del calor solar
		Mala imagen y falta de difusión	Campaña de promoción mundial
		Falta de experiencias reales y de control y explotación de casos de éxito	Educación, formación y difusión de referencias y resultados
		Aumento fiabilidad	Medidas y difusión
6	Escaso uso de servicios	Escasa presencia de empresas ESEs	Potenciar participación

	energéticos integrales	Fiabilidad tecnología	Más formación y seguimiento
		Rentabilidad solar térmica	Menos costes y más ahorros
		No predisposición industrias	Difundir experiencias
		Contratos a largo plazo	Garantías y seguros
7	Huella de carbono y análisis ciclo de vida	Huella de carbono	Incluir valor reducción huella
		Análisis ciclo de vida	Realizar evaluaciones
		Comparar tecnologías	Promover descarbonización
8	Solar térmica frente otras renovables	Rendimiento energético	Medidas energía térmica
		Espacios ocupados	Localización de espacios propiedad de terceros, habilitación de espacios propios
		Fiabilidad y conocimiento	Conocer experiencias
		Proyectistas e instaladores	Acreditación de experiencias
		Reticencias sector	Difusión de casos de éxito
		Los Intervinientes	Aprendizaje de lo realizado
9	Desconocimiento de la tecnología	Fabricantes	Nuevos componentes
		Proyect. e instal. especialistas	Diferenciar capacidades
		Canales comerciales	Gestiones directas
		Falta de formación y acreditación	Capacitación y confianza
		Planificación urbana	Regulación medioambiental
10	Disponibilidad de espacio	Calificación suelos	Normativa urbanística
		Diseño naves y edificios	Asegurar posibles usos
		Dificultades espacios	Catálogo de soluciones
		Compatibilidad con fv	Asegurar calor solar cercano
		Contenidos	Incluir desglose demandas térmicas
11	Auditorías energéticas en las industrias	Promocionar	Completa descarbonización, incluir en el catálogo de soluciones técnicas el uso de energía solar térmica
		Obligatoriedad	Plazos a medidas correctoras
		Estatal, Autonómica y Local	Coordinación
12	Regulación, normativa y procedimientos	Normativa	Obliga solar usos industriales
		Reducción emisiones	Aplicar objetivos largo plazo
		Autorizaciones industria	Trámites diferentes combust.
		Procedimientos	Evitar trabas administrativas

Tabla 19: Barreras, causas y propuestas de soluciones

7.3. Medidas más inmediatas (2024)

Como primera fase de las medidas de impulso a largo plazo, se proponen medidas a corto plazo para salvar las barreras de partida y conseguir que despegue mercado para

su posterior desarrollo y consolidación. Estas medidas deben permitir que se puedan acometer las restantes reformas que son necesarias, pero más profundas y no inmediatas (incremento de la concienciación, incorporación de costes de emisiones CO₂, cambios en normativa y regulación, mejora de procedimientos, etc.) para que el mercado solar térmico sea sostenible.

Entre estas medidas se considera deberían incluirse:

- Rehabilitación de instalaciones solares térmicas en edificios. No puede haber instalaciones solares térmicas de ningún tipo (domésticas, edificios, piscinas o terciario) que no funcionen adecuadamente y sigan generando la mala imagen de la tecnología.
- Campaña de medidas de impulso al uso de energías renovables para producción de calor (prestaciones, rendimientos y temperaturas). Debe promoverse las medidas de energía térmica y rendimientos asociados producidas por las diversas fuentes. La campaña de medidas pretende, inicialmente, paliar su elevado coste, en segundo lugar, promover la existencia de monitorizaciones y controles automáticos de las instalaciones térmicas y, en tercer lugar, obtener información objetiva de prestaciones y rendimiento no solamente de la instalación solar sino de todos los procesos de transformación térmica (rendimientos estacionales de calderas, de bombas de calor, etc.)
- Promoción de las ESEs que aporten un servicio integral al cliente y los canales de venta directos en los que sean las empresas de ingeniería, que asesoran a los clientes, quienes definan las soluciones finales de las instalaciones.
- Plantas de demostración monitorizadas con información accesible. Es necesario disponer de instalaciones que apliquen nuevas soluciones (de captación, de acumulación, de circuitos, de control, etc.), que se integren en los procesos industriales y demuestren sus aportaciones al desarrollo de la tecnología a otros potenciales usuarios.
- Formación y acreditación de técnicos especialistas en proyecto e instalación. Debe modificarse la predisposición de los técnicos por la tecnología dándole la formación complementaria adecuada y aportando algún nivel de acreditación (sello de calidad o equivalente) que les permita diferenciarse por sus conocimientos y garantías.
- Líneas específicas de ayudas públicas directas y financiación que mejoren la rentabilidad de las instalaciones solares, promuevan la hibridación con otras tecnologías renovables, incorporación a redes de calor, etc.
- Líneas específicas de ayudas públicas indirectas dirigidas al desarrollo tecnológico, a la innovación, etc. para la mejora de eficiencia y reducción de costes de componentes
- Promoción de soluciones completas e integradas de descarbonización de industrias que incluyan aumento de la eficiencia energética, electrificación eólica y/o fotovoltaicas, soluciones térmicas hibridadas, etc.
- Líneas de financiación preferentes y garantizadas con los ahorros.
- Campaña de difusión a usuarios industriales: RSC, ahorros económicos, emisiones evitadas, industria y empleo cercano

Se resaltan dos aspectos que es necesario resolver de forma adecuada en este plan de impulso:

Elevado coste de inversión de las instalaciones solares térmicas.

La limitada rentabilidad actual de las instalaciones solares térmicas hace necesario la aplicación de incentivos en forma de subvenciones directas que mejoren la rentabilidad de las instalaciones de forma inmediata y favorezcan su implantación.

Para que el precio del calor solar sea competitivo con los costes de los combustibles fósiles se presentan buenas expectativas ajustando los siguientes parámetros:

- Las mejoras tecnológicas que deben permitir una reducción de costes entre el 30 y el 50%
- La reducción al mínimo de los gastos de operación y mantenimiento
- Aumentando y garantizando la producción solar que en España debe encontrarse en el rango entre 800 y 900 kWh/m².a (En Dinamarca, como referencia, es del orden de 500 kWh/m².a)

Requerimientos al sector de oferta

Como el plan de impulso debe ser una decidida actuación la administración que coordine la gestión de recursos y medidas de acompañamiento debe exigir a los sectores implicados el compromiso de participación para que la evolución sea la prevista y se incorporen las medidas necesarias para resolver los nuevos desarrollos que requiere la tecnología solar térmica:

- Reducción del coste del kWh que, además, mejorará con el tamaño del mercado
- Mejor adaptación a la demanda aumentando la capacidad y eficiencia del almacenamiento y adaptando las temperaturas de sus procesos en la medida de lo posible a las capacidades de los sistemas renovables.
- Mayor fiabilidad mediante sistemas de monitorización y control
- Más durabilidad de las instalaciones con especificaciones de proyecto de largo plazo
- Nuevos diseños de hibridación e integración en procesos
- Previsiones de ubicación agrupada o distribuida, uso de espacios de terceros, etc.

El actual volumen de mercado de energía solar térmica y su evolución reciente dificulta que se desarrollen actividades de investigación y desarrollo de forma concluyente en los principales equipos de los que consta una instalación solar por lo que será necesaria programar una adecuada intervención.

Es necesario concretar propuesta de plan de ayudas públicas directas e indirectas (retornos a la sociedad) junto con un plan de desescalada de las ayudas directas con compromisos del sector solar en innovación y mejoras de la competitividad

8 Casos de estudio y ejemplos de instalaciones

Se incluyen fichas descriptivas de varios casos representativos de instalaciones solares térmicas en aplicaciones industriales (bodegas, mataderos, lavandería, cerámica, agroalimentario, ...) con la descripción del proceso incluyendo su esquema de funcionamiento, así como la información básica necesaria para identificar energética y económicamente la solución adoptada para la integración de la instalación solar térmica, e incluyendo valores de referencia de las inversiones necesarias y de los ahorros conseguidos.

Se han incorporado, además de los casos de instalaciones reales, otros ejemplos en fase de diseño obtenidos con nuevos modelos que servirán para explicar el potencial de utilización de la energía solar térmica en industrias y en tamaños de los que actualmente no existen casos reales.

8.1. Índice de Fichas

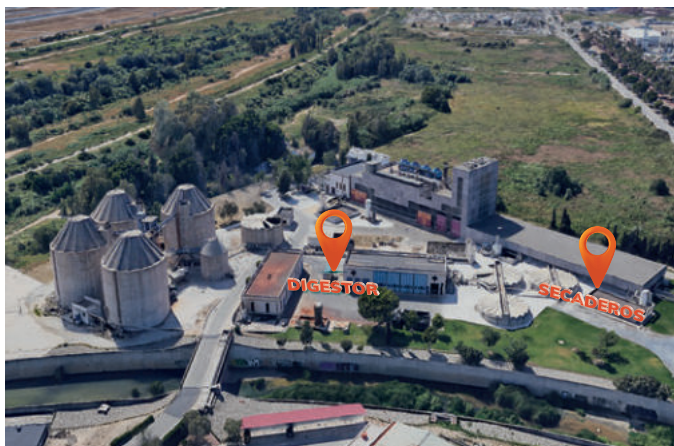
- 01.- Instalación solar térmica en la EDAR del Guadalhorce. EMASA. Málaga
- 02.- Estudio de viabilidad para instalación solar térmica en una maltería. Madrid
- 03.- Estudio de viabilidad para instalación solar térmica planta de secado de leche. Valladolid
- 04.- Estudio de viabilidad para instalación solar térmica para una Red de calor urbana. Barcelona
- 05.- Instalación solar térmica en Bodegas Roda. Haro. La Rioja
- 06.- Integración solar térmica en Bodega Grupo Raventós Codorníu. Barcelona
- 07.- Integración solar híbrida para calor y electricidad en lavadero de cisternas. SYTA. Zaragoza
- 08.- Integración solar híbrida para calor y electricidad en lavandería industrial. Lavanderías ITL. Huesca
- 09.- Instalación solar térmica para industria cárnica en Murcia
- 10.- Instalación para producción de agua desalada 100% solar en plataforma SOLAR. Almería
- 11.- Estudio de viabilidad para instalación solar térmica para secado de áridos. Madrid

- 12.- Instalación solar térmica en una lavandería en Canarias
- 13.- Instalación solar térmica para limpieza de botellas. Badajoz
- 14.- Instalación solar térmica en industria de productos lácteos. Las Palmas
- 15.- Deshidratado solar de productos agroindustriales L. Pernia S.A. Chiloeches. Guadalajara

01

EMASA Empresa Municipal de Aguas de Málaga

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN LA EDAR DEL GUADALHORCE



La **EDAR del Guadalhorce (Málaga)** es una instalación de **EMASA** en la que se procesan los fangos generados en la depuración de las aguas residuales, secándolos con la energía térmica procedente de la cogeneración existente en sus instalaciones. La cogeneración consume gas natural y biogás obtenido en la propia depuradora. Junto a la **EDAR** existe una parcela libre en la que **EMASA** valora las posibilidades de utilizarla para su solarización y así conseguir una reducción de los costes energéticos y de las emisiones en un 60%.

INSTALACIÓN EN ESTUDIO

2 Secaderos STC	Demanda Anual	28.000	MWh/año
	Régimen de Funcionamiento	365	días/año
		24	horas/día
Demanda térmica requerida en STC			
80º en impulsión y 60º en retorno (ambiente)			

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual, precalentando el retorno proveniente de los secaderos y el digestor

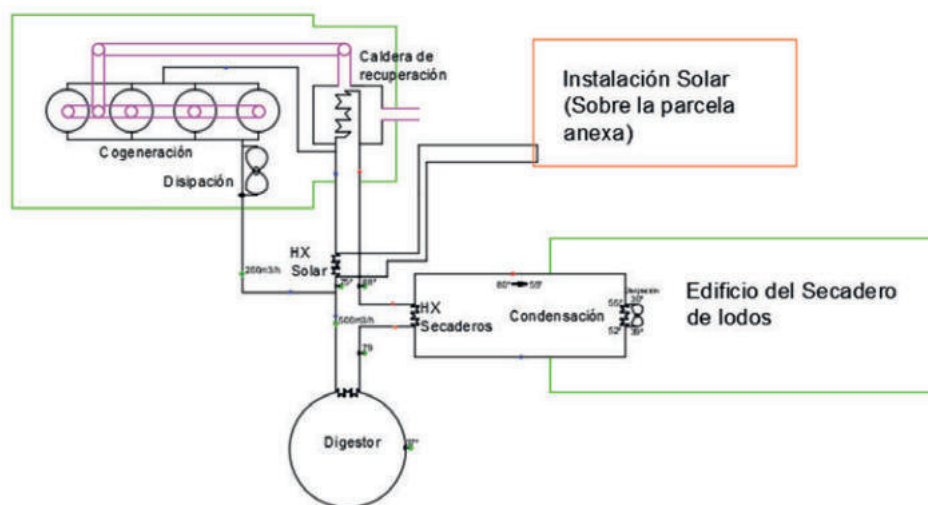


Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la parcela anexa a la EDAR. La configuración del campo solar se compone de 58 filas con 3 (o 4) captadores por fila inclinados 30° con un azimut de 27° y el espejo siguiendo el movimiento aparente del sol.

Se han elegido captadores de vacío con reflector CPC

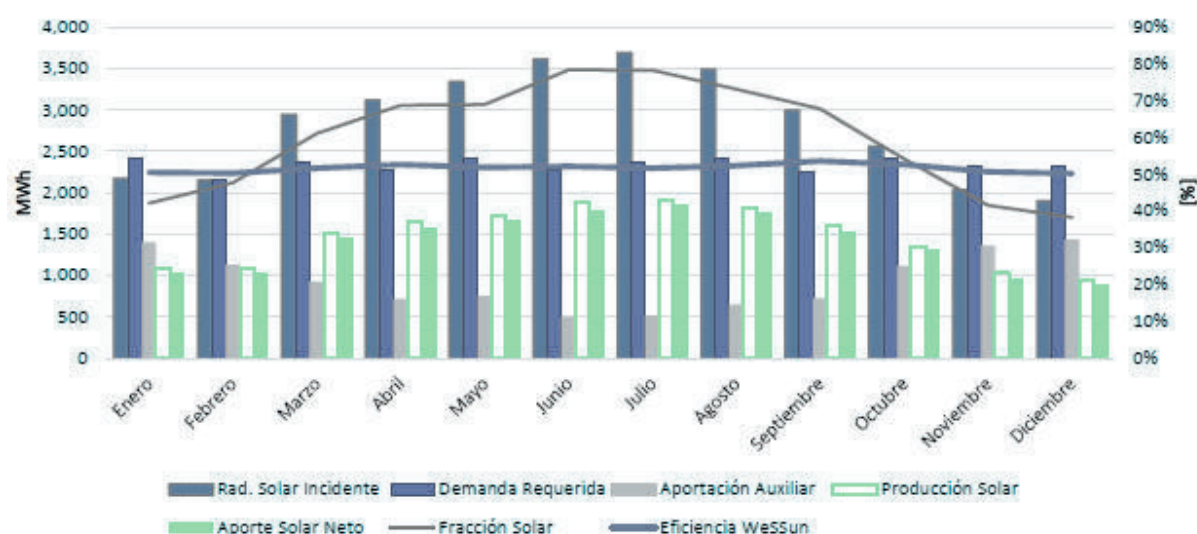
DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	18.863,3
Producción solar específica (kWh/m ² a)	933,9
Aporte solar neto (MWh)	16.810,2
Fracción solar (%)	60,04

Esquema simplificado de la integración de la instalación solar



RESULTADOS Y VIABILIDAD

Fuente Energía Convencional	Gas Natural (PCI=10.83 kWh/m ³)
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	80%
Coste Energía Convencional (bruto)	33,19 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	41,48 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	2%
Coficiente emisiones CO ₂ gas natural	0,202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	450 €/m ² apertura
	8.488.485 €
Porcentaje Subvención	50%
Coste O&M	2% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	20 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	1,0 %
Reducción anual producción solar	1,0 %
Periodo Análisis/vida útil instalación	25 años
Rentabilidad del proyecto TIR	15,1%
Payback Simple	6 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	78.085,50 toneladas CO ₂



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda del secado de lodos, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar

Demanda Requerida	[MWh/a]	27 998.47
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	16 810.19
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	11 188.28
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	415.38
Fracción Solar	[%]	60.04%

Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia WeSSun
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	2 168.68	2 415.19	1 397.85	1 094.80	1 017.34	42.12%	50.5%
Febrero	2 148.97	2 146.85	1 124.38	1 080.62	1 022.47	47.63%	50.9%
Marzo	2 941.76	2 367.69	922.16	1 518.25	1 445.53	61.05%	51.6%
Abril	3 114.20	2 289.83	713.74	1 639.05	1 570.09	68.75%	52.6%
Mayo	3 338.58	2 415.19	750.62	1 730.64	1 664.57	68.92%	51.8%
Junio	3 612.26	2 278.24	492.63	1 883.60	1 785.61	78.38%	52.1%
Julio	3 691.01	2 373.27	515.06	1 907.21	1 857.61	78.27%	51.7%
Agosto	3 482.38	2 412.40	647.67	1 826.32	1 764.73	73.15%	52.3%
Septiembre	2 995.85	2 239.11	721.21	1 605.91	1 517.91	67.79%	53.6%
Octubre	2 558.60	2 415.19	1 107.73	1 345.35	1 307.46	54.13%	52.6%
Noviembre	2 033.07	2 322.95	1 356.92	1 030.73	966.03	41.59%	50.7%
Diciembre	1 899.57	2 328.56	1 437.72	954.33	890.84	38.26%	50.2%
TOTAL	33 994.92	27 998.47	11 188.28	17 616.81	16 810.19	60.04%	51.8%

Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda del secado de lodos, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar

02

Estudio de Viabilidad Teórico

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UNA MALTERÍA



Campo solar térmico con almacenamiento PITES, Gram, Dinamarca

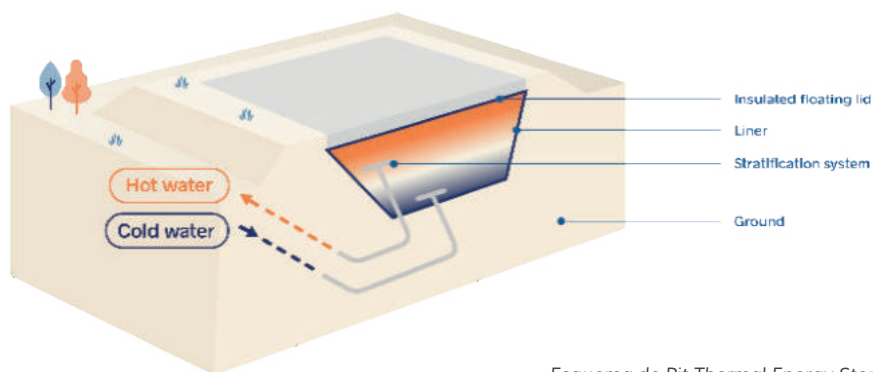
Se trata de una planta de secado de malta que pertenece a uno de los mayores actores globales de la maltería. Está situada en el centro de España. En la actualidad la planta cuenta con calderas de gas natural para su proceso de secado. Este escenario suministraría el 100% renovable y libre de cualquier tipo de emisiones. Evitará la emisión de 13.300t de CO₂ anuales.



INSTALACIÓN EN ESTUDIO

2 Secaderos STC	Demanda Anual	68	GWh/año
	Régimen de Funcionamiento	365	días/año
		24	horas/día
Demanda térmica requerida en STC		85º	

Un Pit Thermal Energy Storage de 370.000m³ almacenará el exceso de calor producido en verano para su consumo durante los meses de invierno y momentos de baja irradiación, garantizando así un suministro fiable y constante



Esquema de Pit Thermal Energy Storage (PITES) (© Newheat)



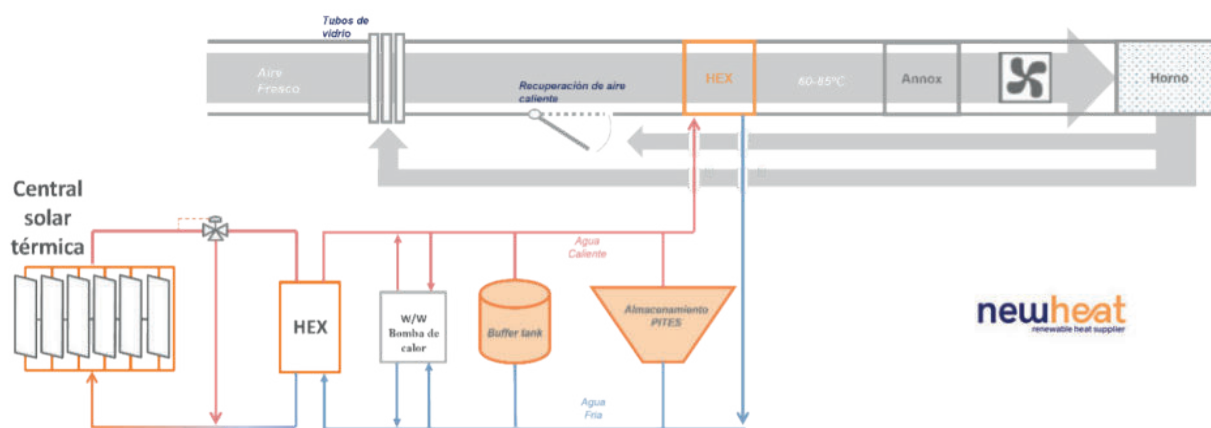
Simulación de la configuración del campo solar (©Fotomontaje Newheat, Thomas Borie arquitecto)

DIMENSIONADO	
Superficie de colectores (m ²)	81.500
Aporte solar neto (MWh)	66.500
Superficie total (ha)	19,5
Fracción solar (%)	100

La configuración del campo solar se compone de 320 filas de colectores planos de almacenamiento en pit y tanque y de las instalaciones de control del sistema.

Además de las instalaciones físicas, un sistema de control y supervisión a distancia permitirá al operador optimizar la producción de calor en tiempo real.

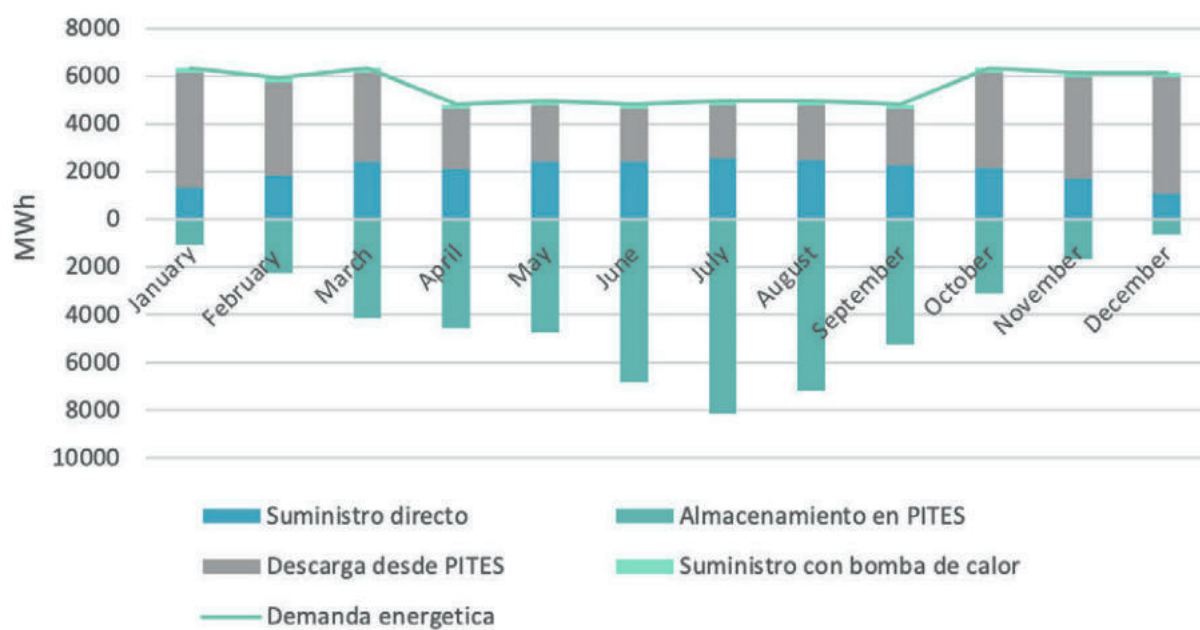
La central solar estará compuesta por captadores planos con una robustez reconocida



Esquema simplificado de integración del calor renovable en el proceso industrial (© Newheat)

RESULTADOS Y VIABILIDAD

Fracción Solar	100%
Porcentaje Subvención	50%
Coste Inversión	40.000.000€
Coste O&M	400.000€
Duración del contrato de compra de calor	25 años
Coste energía	28-32 €/MWh
Emissiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	332.500 toneladas CO₂



Distribución de la producción de la planta solar comparada con la demanda del proceso del cliente (©Newheat)

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UNA PLANTA DE SECADO DE LECHE



Flat Plate Collectors (© Newheat)



Se trata de una planta de fabricación de productos lácteos en polvo obtenidos de lactosuero.

Produce 80.000t de polvo de lactosuero anuales. Actualmente la producción se realiza mediante 3 calderas de gas natural.

Dentro de los procesos de la fábrica, se plantea adaptar calor solar para el secado por atomización del lactosuero. Se realizará precalentamiento del aire de atomización.

NB: La demanda energética proviene de un caso real en Francia, pero la generación energética se traslada a la región de Valladolid para demostrar los beneficios que se esperan en España para semejante proyecto.

INSTALACIÓN EN ESTUDIO			
1 Torre de atomización	Demanda Anual	15	GWh/año
	Régimen de Funcionamiento	365	días/año
		24	horas/día
	Demanda térmica requerida en STC		80°



Almacenamiento de calor en tanques (© Newheat)

Combinando colectores planos, almacenamiento térmico, un sistema de supervisión y control (SCADA) se garantizará un suministro de calor renovable fiable para cubrir el 63% de la energía de secado

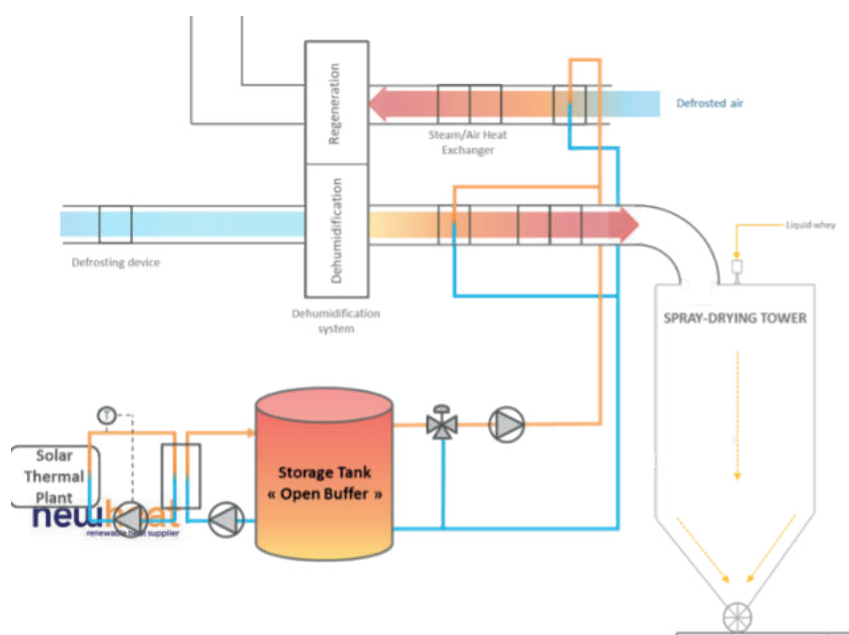


Simulación de la configuración del campo solar (© Fotomontaje Newheat)
Thomas Borie arquitecto

DIMENSIONADO	
Superficie de colectores (m ²)	11.400
Aporte solar neto (MW _{Th})	9.500
Superficie total (ha)	2,5
Fracción solar (%)	62,7

La integración del calor renovable en el proceso de ha construido con una estrecha colaboración con el fabricante de la torre de atomización, con el fin de garantizar la fiabilidad del suministro de calor.

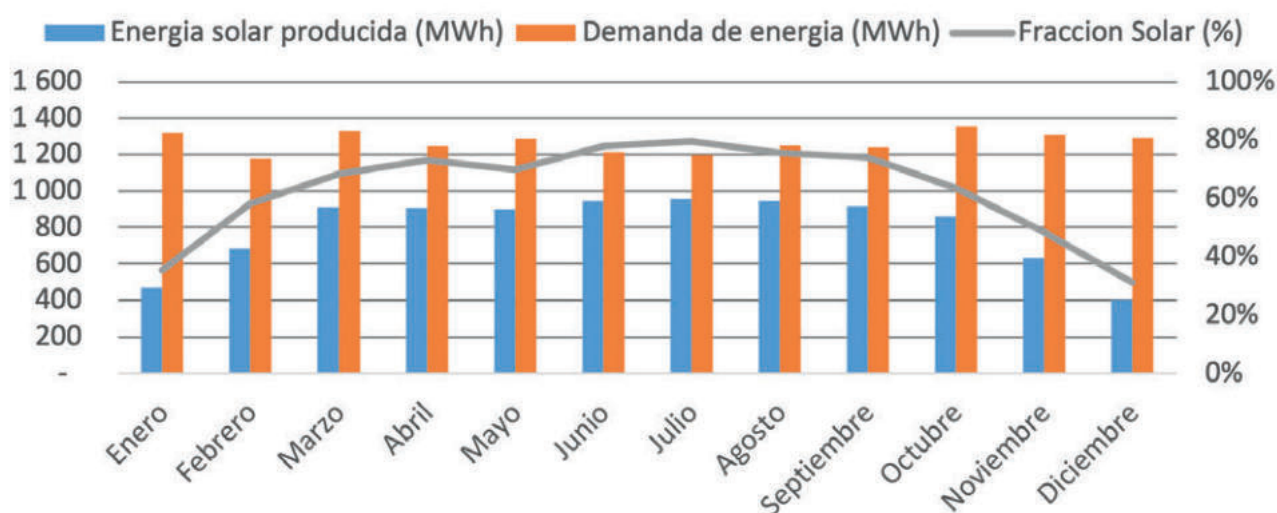
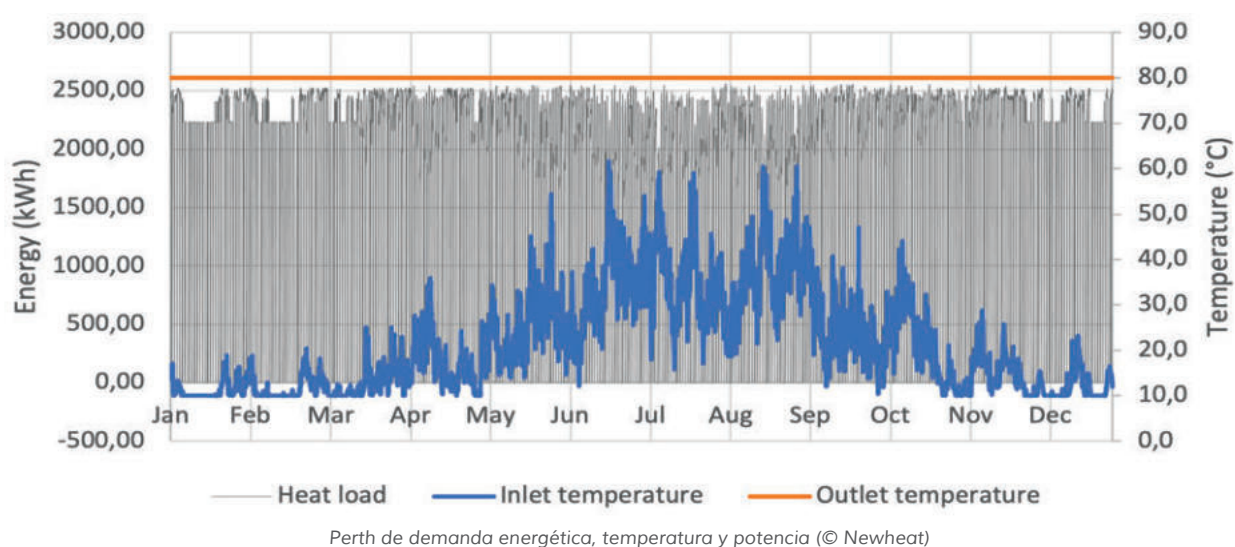
La central solar estará compuesta por captadores planos con una robustez reconocida



Esquema simplificado de integración del calor renovable en el proceso industrial (© Newheat)

RESULTADOS Y VIABILIDAD

Fracción Solar	62.7%
Porcentaje Subvención	50%
Coste Inversión	4.500.000€
Coste O&M	80.000€
Duración del contrato de compra de calor	20 años
Coste energía	29-34 €/MWh
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	38.000 toneladas CO₂



INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA UNA RED DE CALOR URBANA



Simulación de la implantación de la central solar (© Fotomontaje Newheat, Thomas Borie arquitecto)

En este caso el beneficiario de la red de calor es el polígono industrial y la ciudad, pero el cliente y el comparador de calor es el operador a quien el municipio ha delegado la operación y mantenimiento de las instalaciones. Gracias a la central solar térmica y una caldera de biomasa el 75% de la energía suministrada por la red de calor es de origen renovable.

Evitará la emisión de 8.924 t de CO₂ durante 20 años de operación.

NB: La demanda energética proviene de un caso real en Francia, pero la generación energética se traslada a la región de Barcelona para demostrar los efectos que se esperan en España para una instalación semejante.

INSTALACIÓN EN ESTUDIO			
1 Red de calor	Demanda Anual	2,4	GWh/año
	Régimen de Funcionamiento	365	días/año
		24	horas/día
Demanda térmica requerida en STC		80°	



Uso mixto de los terrenos de implantación de CST (© Newheat)

La central solar se construyó sobre un antiguo vertedero ilegal, restaurando así un terreno abandonado. Además, las instalaciones están diseñadas para tener un impacto leve sobre el terreno y pueden ser desmanteladas al cabo de su vida útil para reciclaje o valorización



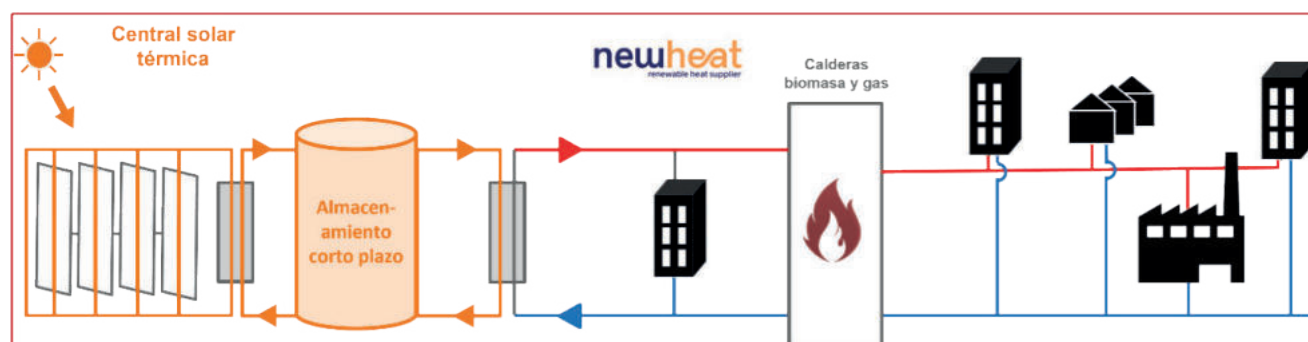
Instalación del tanque de almacenamiento de calor (© Newheat)

DIMENSIONADO	
Superficie de colectores (m2)	3.200
Aporte solar neto (MWTh)	2.200
Volumen de almacenamiento (m3)	3.600
Fracción solar (%)	18,3

Para este municipio la central solar térmica ha contribuido a mejorar la calidad del aire eliminando emisiones en el entorno y se ha restaurado un terreno.

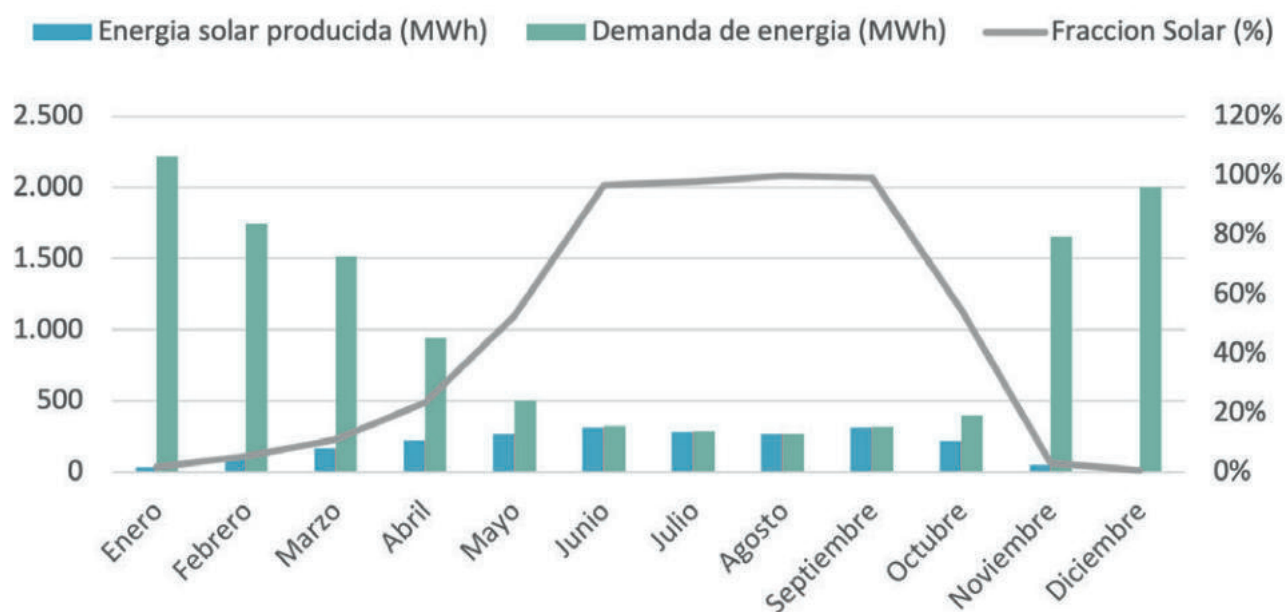
El importante volumen de agua a calentar en una red de calor urbana hace que cada caloría producida por la central solar se aprovecha para la red.

El almacenamiento térmico permite gestionar el exceso de energía producido en momentos de baja demanda o alta producción solar, para luego complementar la producción de la central en momentos de baja irradiación



Esquema simplificado de integración del calor renovable en la red de calor urbana (© Newheat)

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fracción Solar	100%
Porcentaje Subvención	50%
Coste Inversión	40.000.000€
Coste O&M	400.000€
Duración del contrato de compra de calor	25 años
Coste energía	28-32 €/MWh
Precio CO ₂ evitado	30 €/toneladas CO₂ evitado
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	8.800 toneladas CO₂



Evolución de la fracción solar © (Newheat)

05

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

BODEGAS RODA



Emplazamiento del campo solar

INSTALACIÓN EN ESTUDIO

CLIMATIZACIÓN, ACS, FERMENTACIÓN, LD, ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN	Demanda Anual	28.000	MWh/año
	Régimen de Funcionamiento	Estacional	

Demanda térmica requerida en STC **85º** impulsión

BODEGAS RODA es una empresa que elabora vinos de alta gama de la **DOCa Rioja**, situada en Haro, en el corazón del emblemático Barrio de La Estación. La producción de calor y de frío se destinan a cubrir dichas necesidades tanto en el proceso productivo; fermentación y crianza en barricas, como en la climatización de zonas sociales y de trabajo. Se pretende con la instalación térmica que en los meses de mayor oferta de calor se pueda transformar éste en frío mediante una máquina de absorción de la marca Yazaky de 35kW. En los meses no estivales se usa la producción solar térmica para suplir de calor a los servicios de ACS y clima.

Es fundamental que el campo solar esté plenamente integrado y armonizado con la arquitectura de la bodega.

La instalación solar se integra en el proceso conectándose con el circuito ya existente

Instalación solar térmica BODEGAS RODA



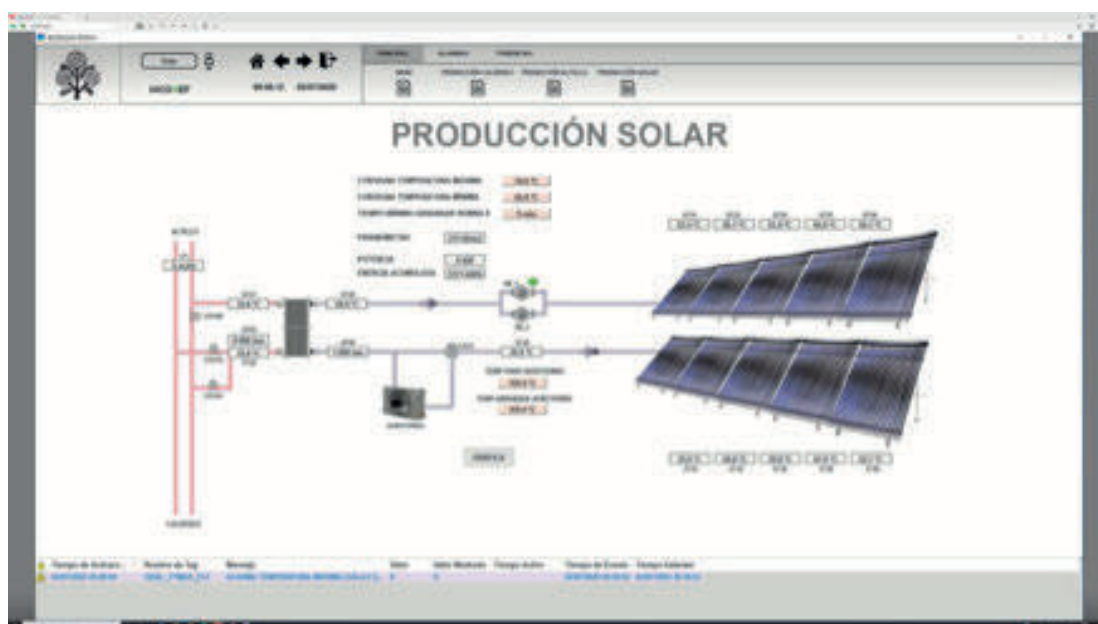
Configuración del campo solar

DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m2)	65,2
Volumen solar específico (l/m2)	61
Aporte solar neto (MWh)	4.813
Fracción solar (%)	20,3

Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado una parte de la terraza cubierta de la bodega.

La configuración del campo solar se compone de 20 colectores de montaje horizontal con inclinación de 35°. Hay baterías en el campo de colectores (1 serie en batería de colectores)

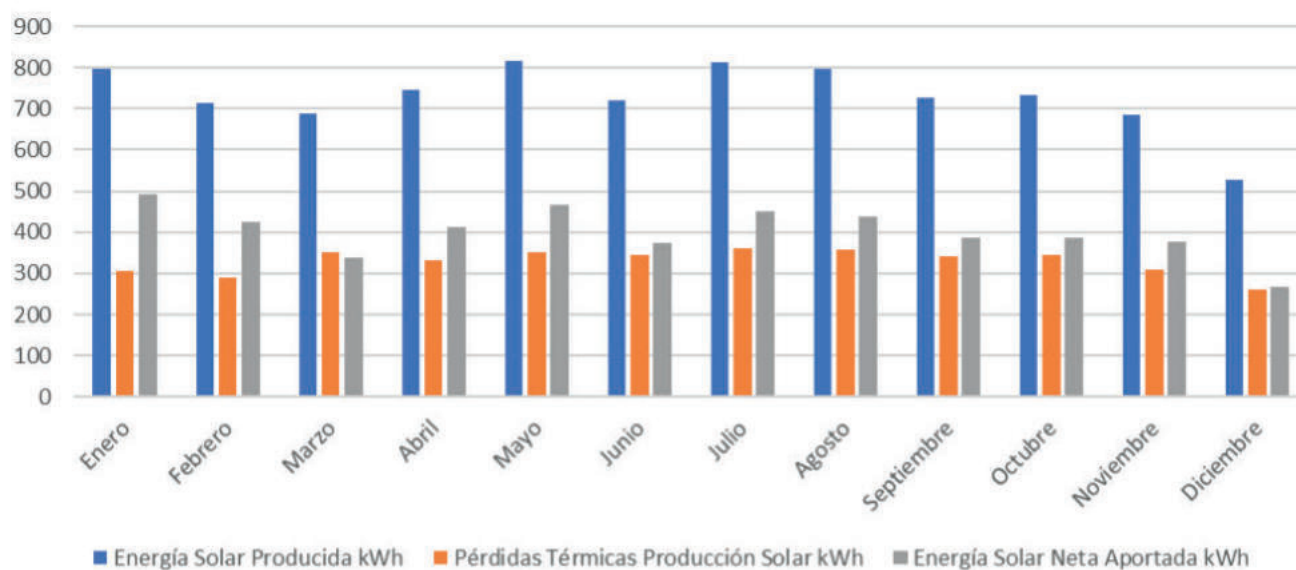
Se han elegido colectores de tubos de vacío con ThermProtect VITOSOL 200-TM



RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gas Natural (PCI=10.83 kWh/m ³)
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	80%
Coste Energía Convencional (bruto)	33,19 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	41,48 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	2%
Coefficiente emisiones CO ₂ gas natural	0,202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	248.380 €
Porcentaje Subvención	44%
Coste O&M	2% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	20 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	1,0 %
Reducción anual producción solar	1,0 %
Periodo Análisis/vida útil instalación	25 años
Rentabilidad del proyecto TIR	17%
Payback Simple	5,5 años
Ahorro de emisiones CO ₂ (kg/año)	458



DISPONIBILIDAD SOLAR Y DEMANDAS TÉRMICAS



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demandas térmicas

	Energía Solar Aportada TOTAL	Aporte Solar al ACS	Aporte Solar a Calefacción	Aporte Solar a Calor para Refrigeración	Fracción Solar ACS	Fracción Solar Calefacción	Fracción Solar Calor para Refrigeración
Enero	491	0	491	0	0,00	6,15	0,00
Febrero	424	0	424	0	0,00	8,09	0,00
Marzo	337	0	337	0	0,00	15,36	0,00
Abril	413	0	0	413	0,00	0,00	100,00
Mayo	467	0	0	467	0,00	0,00	100,00
Junio	375	0	0	375	0,00	0,00	100,00
Julio	451	0	0	451	0,00	0,00	100,00
Agosto	438	0	0	438	0,00	0,00	100,00
Septiembre	385	0	0	385	0,00	0,00	100,00
Octubre	387	0	0	387	0,00	0,00	100,00
Noviembre	378	0	348	30	0,00	100,00	100,00
Diciembre	267	0	267	0	0,00	5,34	0,00
Anual	4813	0	1867	2946	0,00	8,99	100,00

Reparto de la energía solar aportada a las demandas consideradas

06

INTEGRACIÓN SOLAR TÉRMICA

GRUPO RAVENTÓS CODORNIU



INSTALACIÓN EN ESTUDIO

Calentar agua de
proceso, ACS y
producción de
vapor

Demanda Anual **123.300** kWh/año

Régimen de
Funcionamiento **365** días/año

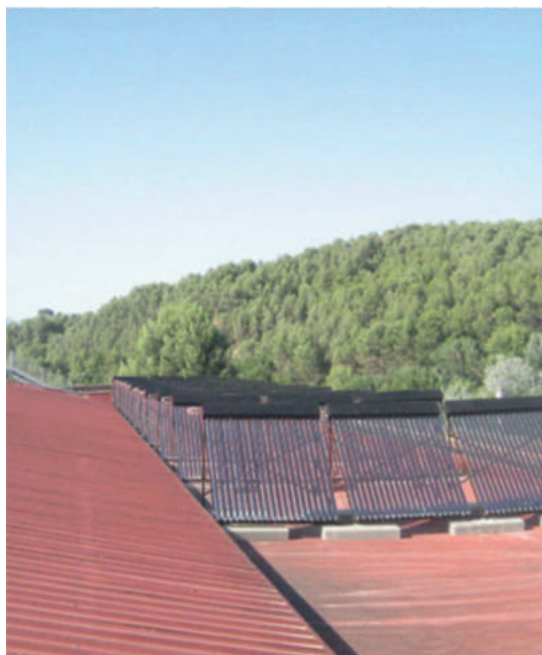
16 horas/día

Demanda térmica requerida en STC **60º** y **50º** retorno

El **Grupo Raventós Codorniu** es la empresa vitivinícola más antigua de España con más de 470 años de historia dedicados a la elaboración de vinos y cavas.

La producción de calor solar se destina a cubrir necesidades en el proceso productivo: para calentar agua de proceso, ACS y producción de vapor.

La instalación solar se integra en el proceso conectándose con el circuito ya existente

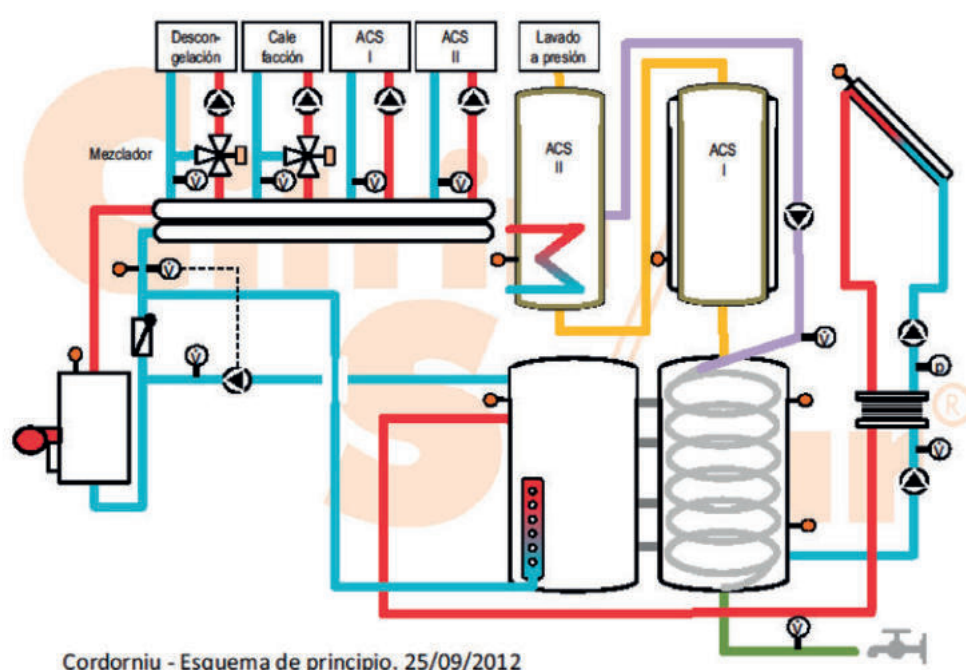


DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	90
Volumen solar específico (l/m ²)	822
Aporte solar neto (MWh)	73.980
Fracción solar (%)	56,5

Los colectores solares se han ubicado en la cubierta de la propia bodega.

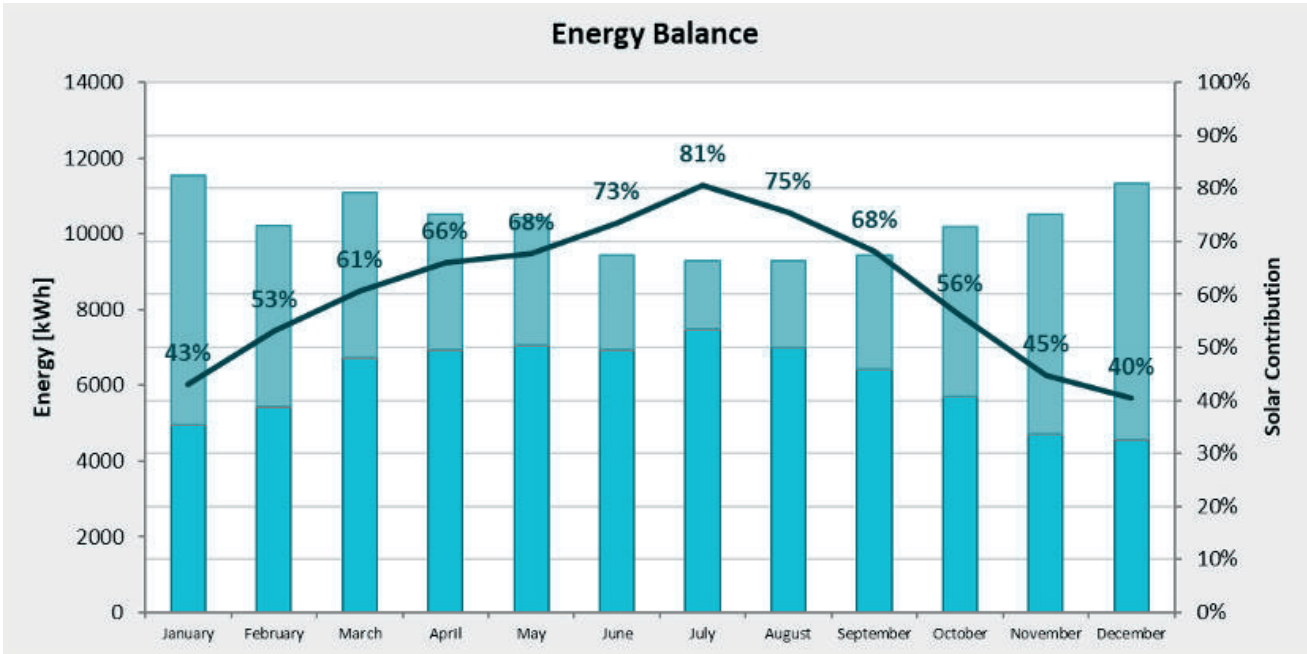
La configuración del campo solar se compone de 10 filas con 3 captadores por fila inclinados 40° con un azimut de 10° Oeste.

Se han elegido captadores de vacío



RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gasóleo (PCI=9,98 kWh/l)
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	83%
Coste Energía Convencional (bruto)	100 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	121 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	2%
Coefficiente emisiones CO ₂ gas natural	0,31 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	689 €/m ² _bruta 62.052€
Porcentaje Subvención	25%
Coste O&M	2% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	20 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	1,0 %
Reducción anual producción solar	1,0 %
Periodo Análisis/vida útil instalación	25 años
Rentabilidad del proyecto TIR	16,9%
Payback Simple	6 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	509,54 toneladas CO ₂





Perfiles mensuales de demanda y aporte solar

Requested Energy (kWh)	123.300
Solar Collectors Input (kWh)	73.980
Storage&Pipes Heat Losses (kWh)	4.281
Annual Solar Thermal Contribution (kWh)	69.699
Annual Solar Thermal Contribution (%)	56.5



07

INTEGRACIÓN SOLAR HÍBRIDA PARA PRODUCIR CALOR Y ELECTRICIDAD PARA LAVADERO DE CISTERNAS



Emplazamiento y parcela a solarizar



SYTA es una empresa de limpieza de cisternas de camiones emplazada en Zaragoza. Utiliza agua caliente en varios procesos de limpieza, que van desde los 30°C a los 60°C.. Además, este consumo es en circuito abierto, por lo tanto no hay recuperación de calor. Dicha demanda es cubierta con calderas de gas GLP. Con la instalación de 160 paneles solares híbridos, se está cubriendo el 8% de la demanda térmica, no pudiendo cubrir más por falta de espacio de captación solar. Además se está produciendo 94 MWh/año. De esta manera, se están obteniendo ahorros en gas GLP y electricidad, además de evitar más de 159 toneladas/año de CO₂ a la atmósfera.

INSTALACIÓN EN ESTUDIO

Demanda Anual	4.165	MWh/año
Régimen de Funcionamiento	365	días/año
	24	horas/día

Demanda térmica requerida en STC para 4 procesos de

30º, 40º, 50º y 60º en circuito abierto sin retorno

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual

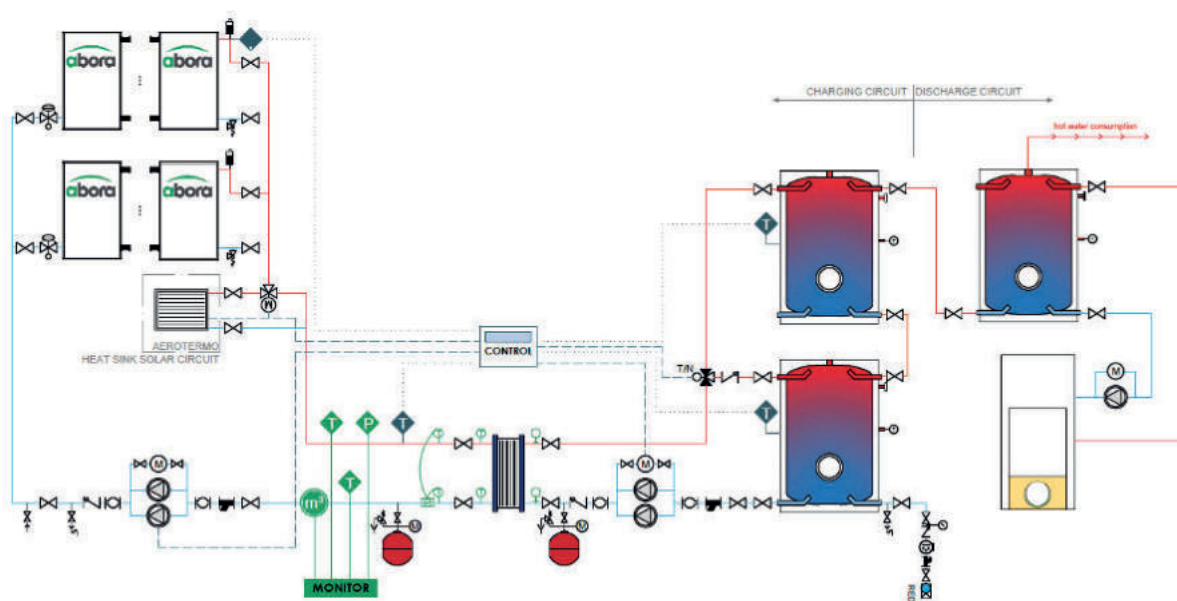
Instalación solar híbrida para producir calor y electricidad en lavadero



DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	320
Producción solar específica [kWh/m ² a]	1.392
Aporte solar neto (MWh)	445,3
Fracción solar (%)	8,1

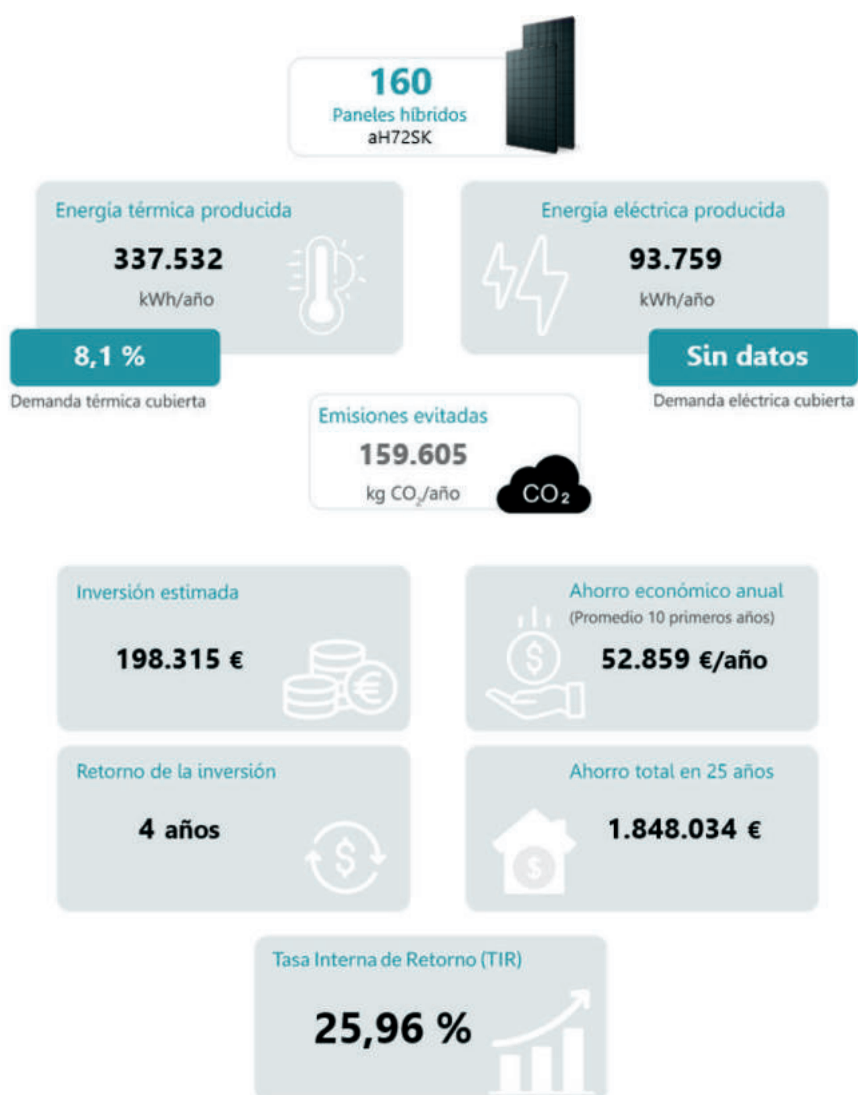
Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la cubierta de la nave industrial. La configuración del campo solar se compone de 16 filas con 10 paneles híbridos por fila inclinados 45° con un azimut de 0°.

Se han elegido paneles híbridos (PVT) ahora

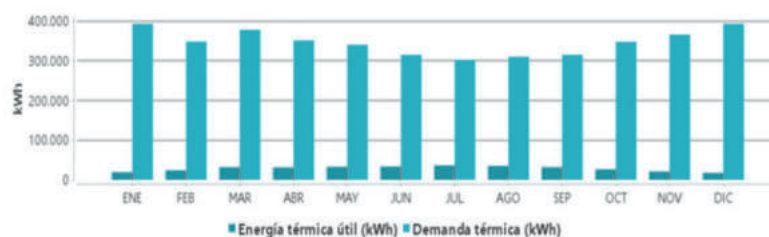


Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

Instalación solar híbrida para producir calor y electricidad en lavadero



Producción de energía térmica



Producción de energía eléctrica



Producción de energía térmica vs demanda térmica.

Producción de energía eléctrica

Instalación solar híbrida para producir calor y electricidad en lavadero

Producción de energía térmica

Mes	Demanda (KW/h)	Producción en bruto (KW/h)	Pérdidas energéticas (KW/h)	Producción útil (KW/h)	Cobertura solar (%)
Enero	393.718	19.672	787	18.865	4,8
Febrero	348.777	24.690	988	23.702	6,8
Marzo	378.575	32.939	1.318	31.621	8,4
Abril	351.708	32.358	1.294	31.064	8,8
Mayo	340.717	33.906	1.356	32.550	9,6
Junio	315.072	34.542	1.382	33.160	10,5
Julio	302.860	37.448	1.498	35.950	11,9
Agosto	310.431	36.187	1.447	34.740	11,2
Septiembre	315.072	33.085	1.323	31.762	10,1
Octubre	348.289	27.272	1.091	26.181	7,5
Noviembre	366.362	21.470	859	20.611	4,4
Diciembre	393.718	18.027	721	17.306	4,4
Anual	4.165.299	351.596	14.064	337.532	8,1

Producción de energía eléctrica

Mes	Demanda (KW/h)	Producción útil (KW/h)	Cobertura solar (%)
Enero	0	5.520	00
Febrero	0	6.669	00
Marzo	0	8.735	00
Abril	0	8.579	00
Mayo	0	8.972	00
Junio	0	9.053	00
Julio	0	9.770	00
Agosto	0	9.440	00
Septiembre	0	8.676	00
Octubre	0	7.332	00
Noviembre	0	5.914	00
Diciembre	0	5.107	00
Anual	0	93.759	Sin datos

08

INTEGRACIÓN SOLAR HÍBRIDA PARA PRODUCIR CALOR Y ELECTRICIDAD PARA LAVANDERÍA INDUSTRIAL



Emplazamiento y parcela a solarizar



Lavanderías ITL en Huesca, se dedica al lavado de ropa para el sector terciario como Hoteles y Hospitales. En su proceso de lavado gastan alrededor de 6.300 litros de agua al día y a 60°C en sus lavadoras. Además, este consumo es en circuito abierto, por lo tanto no hay recuperación de calor. Dicha demanda es cubierta con calderas de gas natural. Con la instalación de 63 paneles solares híbridos, se está cubriendo el 36% de la demanda térmica, no pudiendo cubrir más por falta de espacio de captación solar. Además se está produciendo 30 MWh/año. De esta manera, se están obteniendo ahorros en gas natural y electricidad, además de evitar más de 47 toneladas/año de CO₂ a la atmósfera.

INSTALACIÓN EN ESTUDIO

Demanda Anual	339	MWh/año
Régimen de Funcionamiento	365	días/año
	24	horas/día

Demanda térmica requerida en STC en circuito abierto sin retorno **60°**

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual

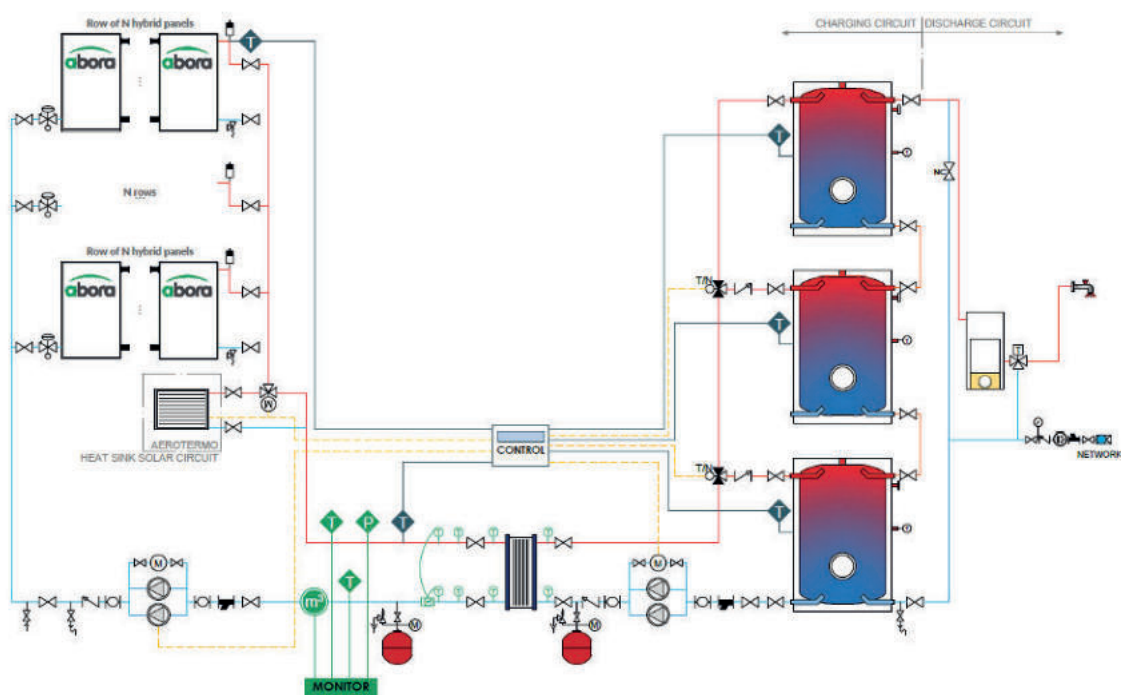
Instalación solar híbrida para producir calor y electricidad en lavandería



Configuración de la instalación solar

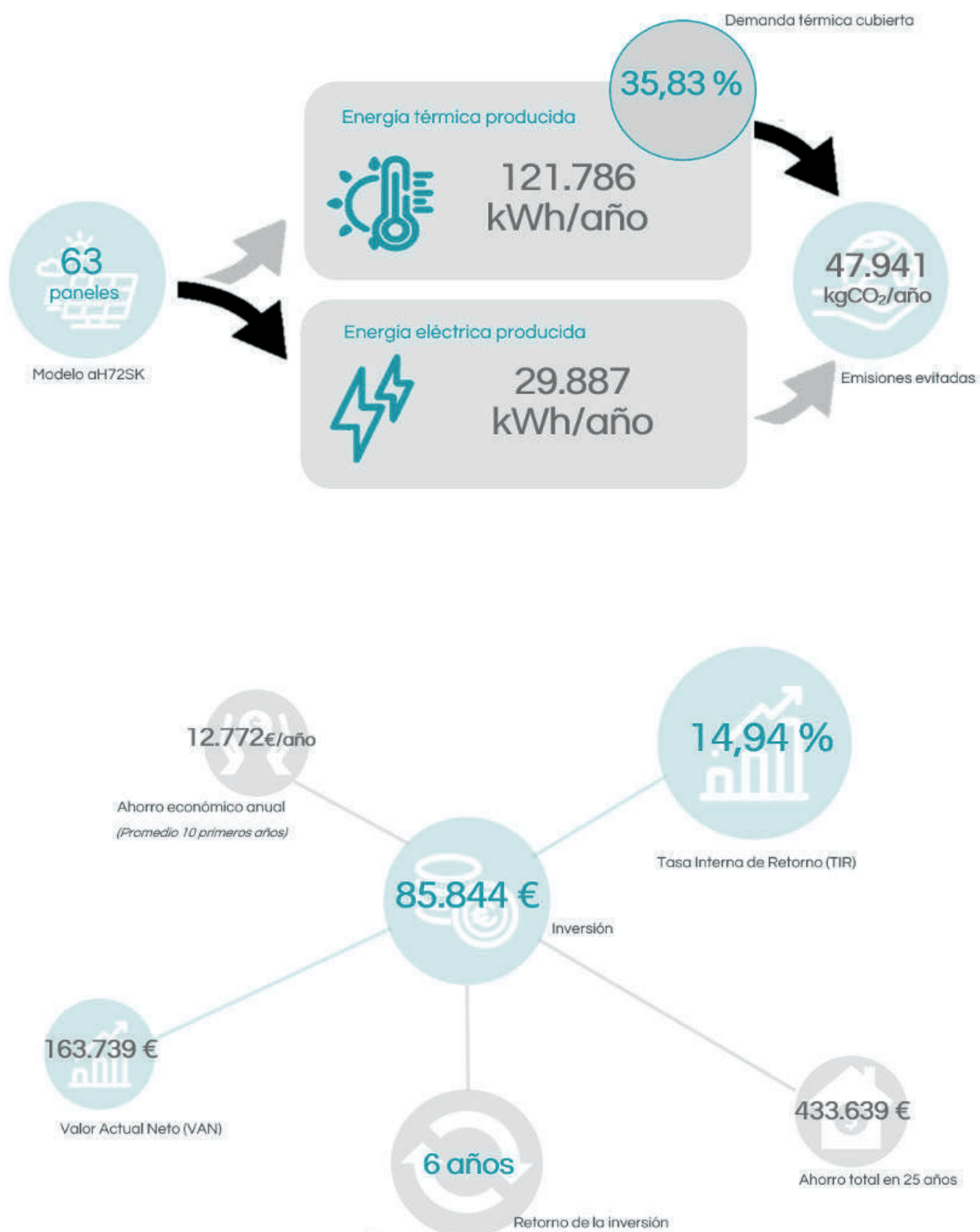
Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la cubierta de la nave industrial. La configuración del campo solar se compone de 7 filas con 9 paneles híbridos por fila inclinados 45° con un azimut de 0° .

Se han elegido paneles híbridos (PVT) ahora

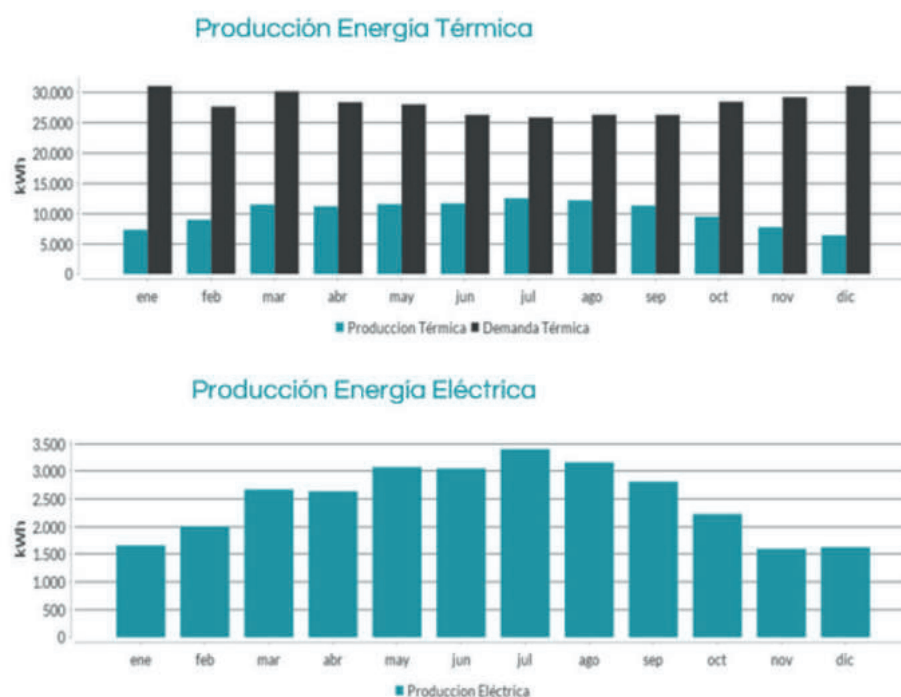


Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

Instalación solar híbrida para producir calor y electricidad en lavandería



Instalación solar híbrida para producir calor y electricidad en lavandería



Producción de energía térmica vs demanda térmica.

Producción de energía eléctrica

Mes	Radiación superficie inclinada	Demanda térmica	Producción térmica	Cobertura solar térmica	Producción eléctrica
Enero	117 kWh	31.151 kWh	7.301 kWh	23,44 %	1.656 kWh
Febrero	143 kWh	27.746 kWh	8.970 kWh	32,33 %	2.003 kWh
Marzo	185 kWh	30.286 kWh	11.488 kWh	37,93 %	2.667 kWh
Abril	181 kWh	28.472 kWh	11.201 kWh	39,34 %	2.636 kWh
Mayo	188 kWh	28.123 kWh	11.541 kWh	41,04 %	3.073 kWh
Junio	191 kWh	26.378 kWh	11.667 kWh	44,23 %	3.048 kWh
Julio	208 kWh	25.959 kWh	12.534 kWh	48,28 %	3.395 kWh
Agosto	201 kWh	26.392 kWh	12.180 kWh	46,15 %	3.157 kWh
Septiembre	185 kWh	26.378 kWh	11.313 kWh	42,89 %	2.808 kWh
Octubre	153 kWh	28.555 kWh	9.486 kWh	33,22 %	2.224 kWh
Noviembre	124 kWh	29.309 kWh	7.727 kWh	26,36 %	1.596 kWh
Diciembre	103 kWh	31.151 kWh	6.378 kWh	20,48 %	1.625 kWh
Anual	1.979 kWh	339.900 kWh	121.786 kWh	35,83 %	29.887 kWh

09

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA INDUSTRIA CÁRNICA EN MURCIA



Emplazamiento y parcela a solarizar



La demanda en la cárnica se asocia al lavado y la esterilizado del matadero.

La solarización del proceso se realiza precalentando bien sea el agua de red o el retorno del proceso de lavado

INSTALACIÓN EN ESTUDIO			
1	Matadero	Demanda Anual	2.210 MWh/año
		Régimen de Funcionamiento	242 días/año
			8 horas/día

Demanda térmica requerida en cárnica

64º en impulsión y **27º** en retorno

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual, precalentando el retorno proveniente de los procesos

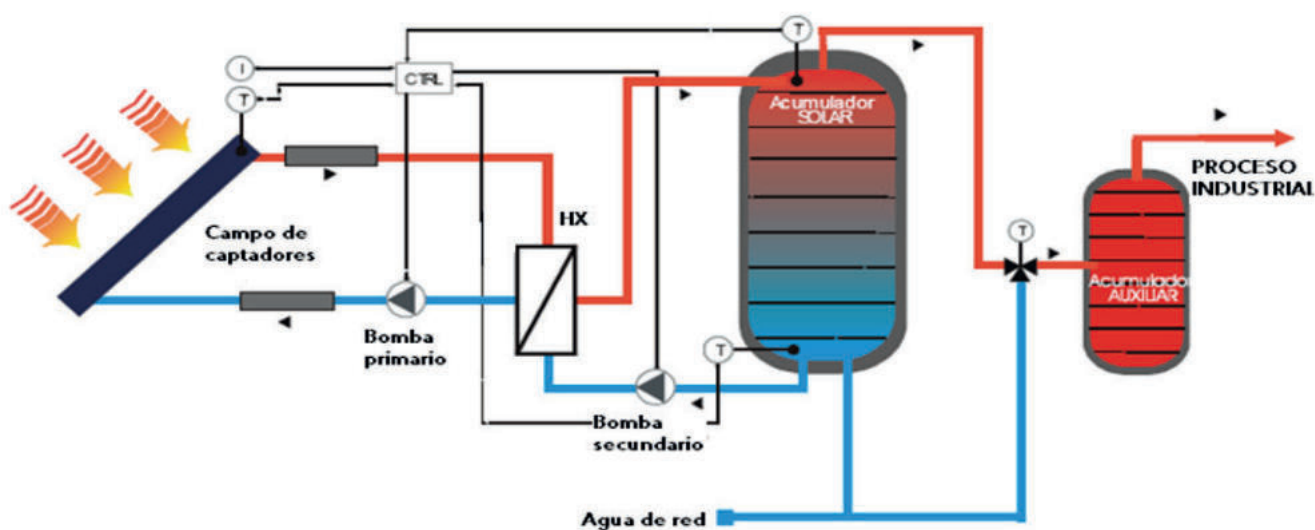


Configuración de la instalación solar

DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	1.976
Producción solar específica [kWh/m ² a]	758,1
Aporte solar neto (MWh/a)	1.457,2
Fracción solar (%)	65,9

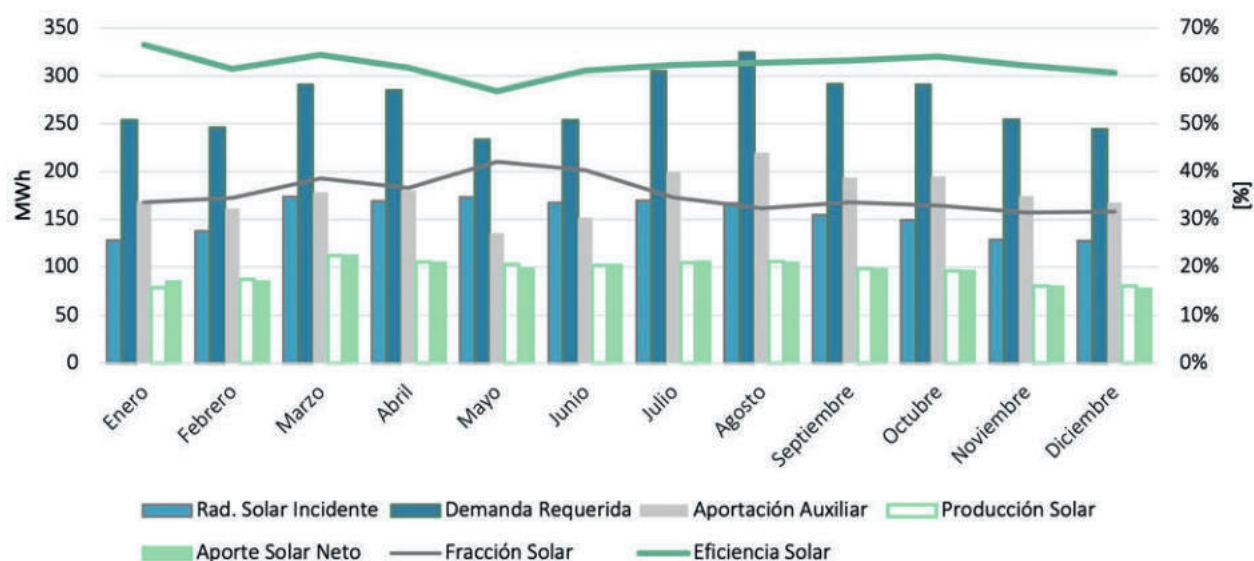
Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la parcela anexa a la planta. La configuración del campo solar se compone de 16 filas con 10 captadores por fila inclinados 30° con un azimut de 10°.

Se han elegido captadores planos de grandes dimensiones y elevada eficiencia



Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gas Natural
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	85%
Coste Energía Convencional (bruto)	36,50415512
Coste Energía Convencional (neto)	45.63€/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	2%
Coeficiente emisiones CO ₂ gas natural	0.202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	737.4 €/m ² _apertura 1.457.164 €
Porcentaje Subvención	45%
Coste O&M	0.4 % anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	85 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	3%
Reducción anual producción solar	0%
Periodo Análisis/vida útil instalación	30 años
Rentabilidad del proyecto TIR	10,5%
Payback Simple	9.5 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	8.811 toneladas CO ₂



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda de la producción, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar.

Resultados Energéticos Globales

Demanda Requerida	[MWh/a]	2 209.87
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	1 457.16
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	752.71
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	55.00
Fracción Solar	[%]	44.57%

Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia Solar
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	183.59	177.66	100.00	81.82	77.66	43.7%	44.6%
Febrero	214.96	177.50	91.15	93.11	86.35	49%	43.3%
Marzo	294.12	204.12	75.42	131.53	128.70	63%	44.7%
Abril	302.92	168.47	49.89	121.41	118.58	70%	40.1%
Mayo	329.44	186.53	45.39	149.06	141.15	76%	45.2%
Junio	366.82	186.37	28.96	156.82	157.41	84%	42.8%
Julio	403.21	186.37	11.76	187.57	174.62	94%	46.5%
Agosto	386.18	195.25	12.46	179.18	182.79	94%	46.4%
Septiembre	306.81	195.09	44.77	148.70	150.32	77%	48.5%
Octubre	248.86	177.50	71.11	112.67	106.39	60%	45.3%
Noviembre	183.11	186.53	108.78	78.46	77.75	42%	42.8%
Diciembre	140.92	168.47	113.03	57.60	55.44	33%	40.9%
TOTAL	3 360.95	2 209.87	752.71	1 497.94	1 457.16	65.94%	44.6%

10

INSTALACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA DESALADA 100% SOLAR EN LA PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA



Campo Solar con captadores LBM de Wagner Solar. (Antes de la repotenciación)



La planta de **DESALACIÓN SOLAR MED** está formada por una- Planta (MED) de destilación multi-efecto de 14 etapas, un campo solar de captadores estáticos de gran apertura y un sistema solar de almacenamiento térmico en agua.

El campo solar (AQUASOL-II) está formado por 60 captadores estáticos (Wagner LBM 10HTF) con un área total de apertura de 606 m² y está conectado con un sistema de almacenamiento térmico y actualmente se está repotenciando acoplando a la parte baja de los captadores un espejo con seguimiento continuo del sol para alcanzar un área de apertura de 848 m²

INSTALACIÓN EN ESTUDIO			
1 Sistema Desalación MED	Demanda Anual	461,8	MWh/año
	Régimen de Funcionamiento	240	días/año
		8	horas/día

Demanda térmica requerida en MED

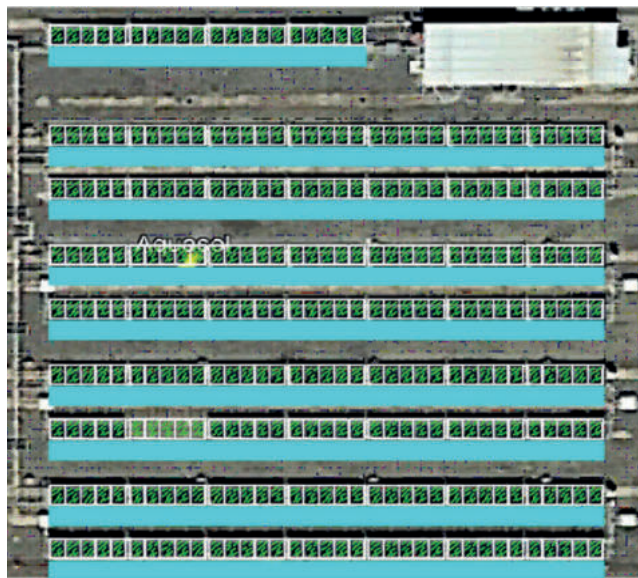
90° en impulsión y **70°** en retorno



Planta de desalación MED Sol 14 en la Plataforma Solar de Almería

La instalación solar es la única fuente de energía del sistema MED. Actualmente es una instalación con fines experimentales que se opera según el protocolo de ensayos

Instalación para la Producción de agua desalada 100% solar en la Plataforma Solar de Almería



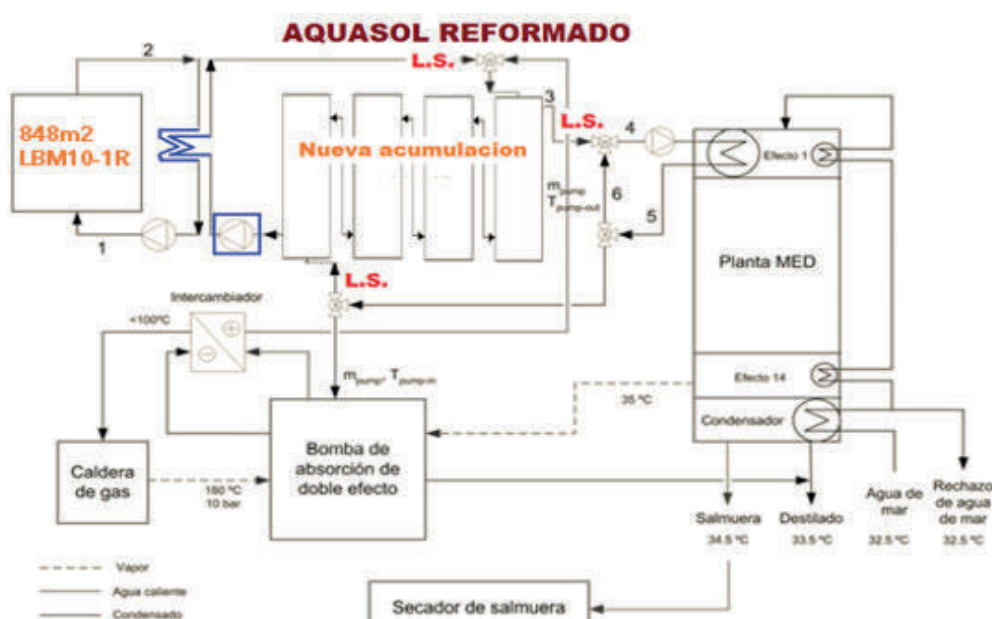
DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	848
Producción solar específica [kWh/m ² a]	595,4
Aporte solar neto (MWh/a)	461,8
Fracción solar (%)	100

Campo Solar con captadores LBM de Wagner Solar, actualmente en proceso de repotenciación.
(los futuros espejos con seguimiento se muestran en azul)

A partir de la instalación solar existente en la Plataforma Solar, se va a repotenciar mediante la utilización de espejos planos con seguimiento de sol.

La configuración del campo solar se compone de 8 filas con 7 captadores por fila más una de 5 captadores, inclinados 30° con un azimut de 0° y el espejo siguiendo el movimiento aparente del sol.

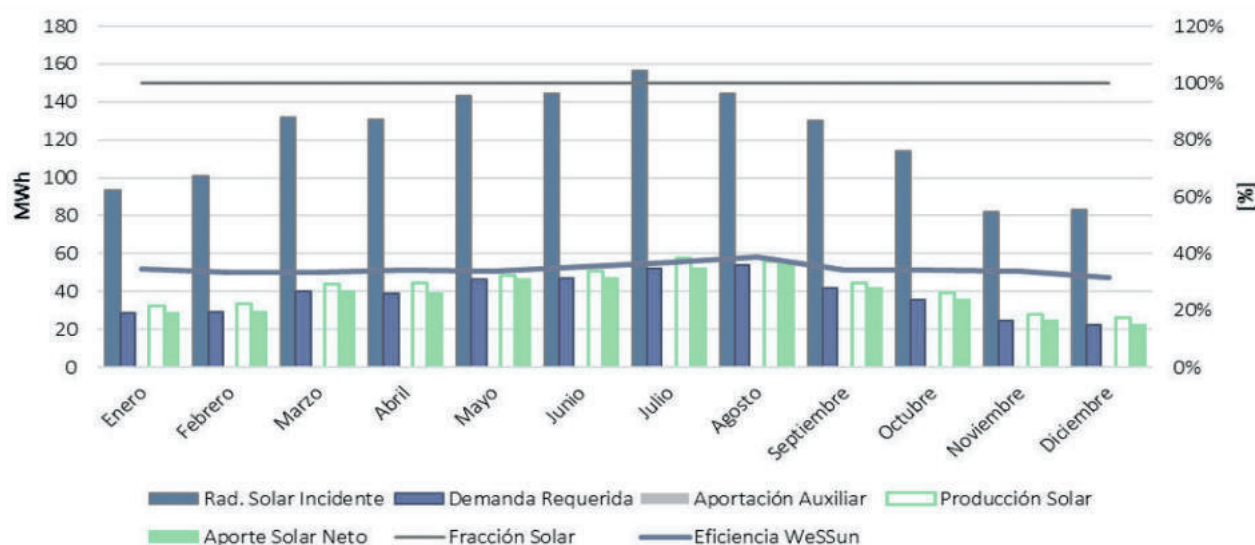
Se está repotenciando el campo de captadores acoplándoles un espejo con seguimiento



Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Solo solar
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	N.A
Coste Energía Convencional (bruto)	N.A
Coste Energía Convencional (neto)	N.A
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	N.A.
Coficiente emisiones CO ₂ gas natural	0,202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión (repotenciación)	601 €/m ² apertura extra 145.510 €
Porcentaje Subvención	0%
Coste O&M	2% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	80 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	N.A
Reducción anual producción solar	1,0 %
Periodo Análisis/vida útil instalación	
Rentabilidad del proyecto TIR	
Payback Simple	
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	2,145.1 toneladas CO ₂

Instalación para la Producción de agua desalada 100% solar en la Plataforma Solar de Almería



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda de la producción, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar.

Resultados Energéticos Globales

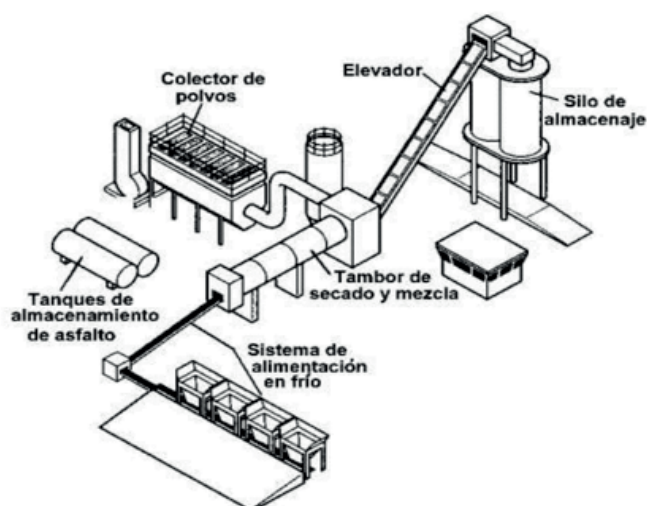
Demanda Requerida	[MWh/a]	461.80
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	461.80
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	0.00
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	6.75
Fracción Solar	[%]	100.00%

Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia Concentrador con LBM
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	93.21	28.78	0.00	32.18	28.78	100.00%	34.5%
Febrero	101.17	29.43	0.00	33.70	29.43	100.00%	33.3%
Marzo	131.75	40.43	0.00	43.99	40.43	100.00%	33.4%
Abril	130.46	39.22	0.00	44.62	39.22	100.00%	34.2%
Mayo	143.47	46.56	0.00	48.59	46.56	100.00%	33.9%
Junio	144.19	47.31	0.00	50.80	47.31	100.00%	35.2%
Julio	156.40	52.03	0.00	57.65	52.03	100.00%	36.9%
Agosto	144.63	54.19	0.00	56.05	54.19	100.00%	38.8%
Septiembre	130.23	41.62	0.00	44.57	41.62	100.00%	34.2%
Octubre	114.03	35.45	0.00	39.10	35.45	100.00%	34.3%
Noviembre	82.13	24.67	0.00	27.69	24.67	100.00%	33.7%
Diciembre	83.08	22.12	0.00	26.23	22.12	100.00%	31.6%
TOTAL	1 454.76	461.80	0.00	505.18	461.80	100.00%	34.7%

11

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA SECADO DE ÁRIDOS EN MADRID



INSTALACIÓN EN ESTUDIO

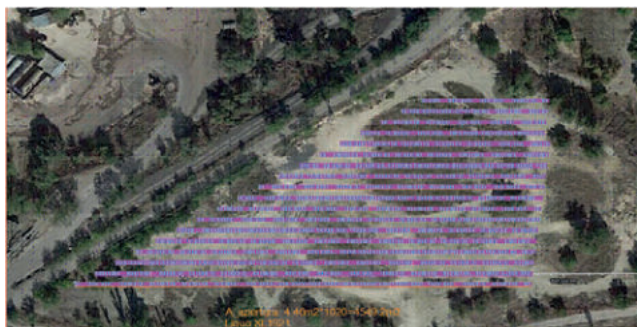
Demanda Anual 12.916,1 MWh/año	
1 Secadero de áridos	Régimen de Funcionamiento 260 días/año
	10 horas/día

Demanda térmica requerida en STC

120° en impulsión y **15°** en retorno (ambiente)

En el proceso de producción de asfalto, se mezclan en un tambor giratorio, calentado normalmente por los gases calientes generados por una caldera, los áridos fríos y húmedos con el betún. Los áridos se introducen en el tambor conducidos mediante una cinta transportadora. La solarización de este proceso se realiza calentando y secando los áridos antes de su introducción al tambor

La instalación solar se utiliza para el secado y precalentamiento de los áridos antes de su introducción al tambor rotativo

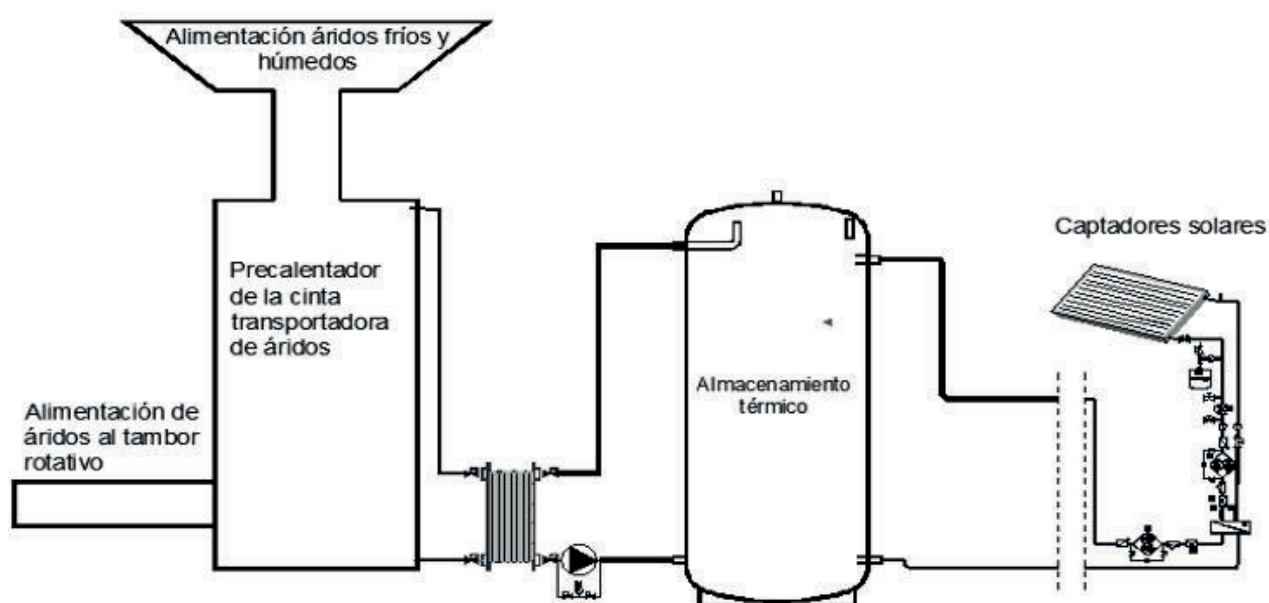


DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	4.549,2
Producción solar específica [kWh/m ² a]	749,80
Aporte solar neto (MWh/a)	3.411
Fracción solar (%)	47,3

Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la parcela anexa.

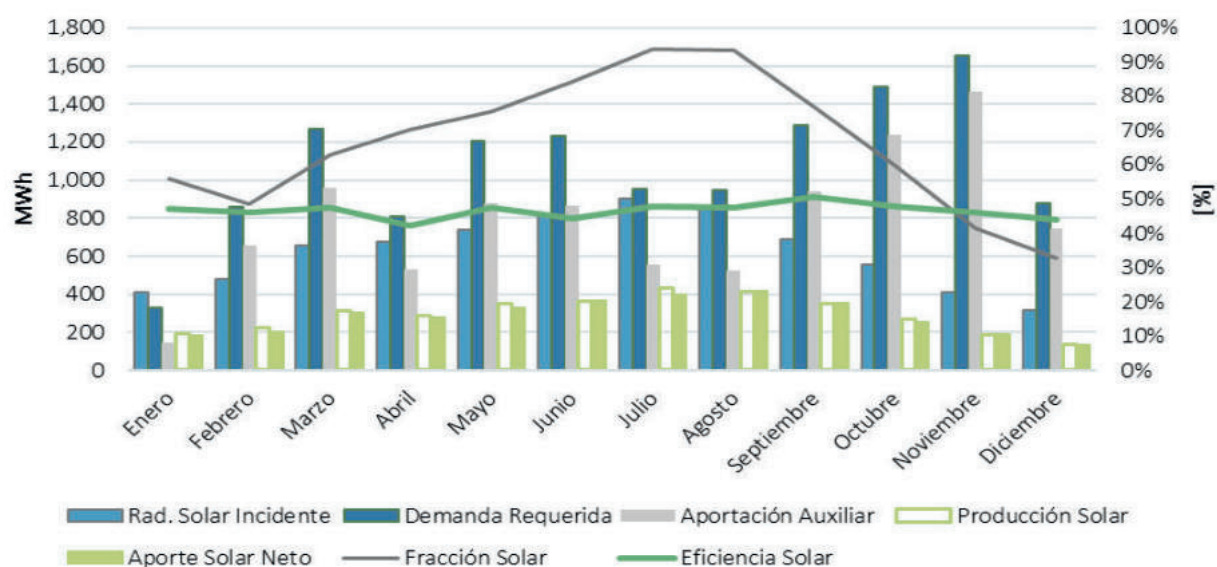
La configuración del campo solar se compone de 1020 captadores inclinados 30° con un azimut de 0°.

Se han elegido captadores de vacío con reflector CPC



Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gas Natural
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	85%
Coste Energía Convencional (bruto)	57.2 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	67.3 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	5%
Coeficiente emisiones CO ₂ gas natural	0.202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	650 €/m ² _apertura 2.956.980 €
Porcentaje Subvención	45%
Coste O&M	1% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	85 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	3%
Reducción anual producción solar	0%
Periodo Análisis/vida útil instalación	30 años
Rentabilidad del proyecto TIR	18%
Payback Simple	5.6 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	20.622 toneladas CO ₂



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda de la producción, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar.

Resultados Energéticos Globales

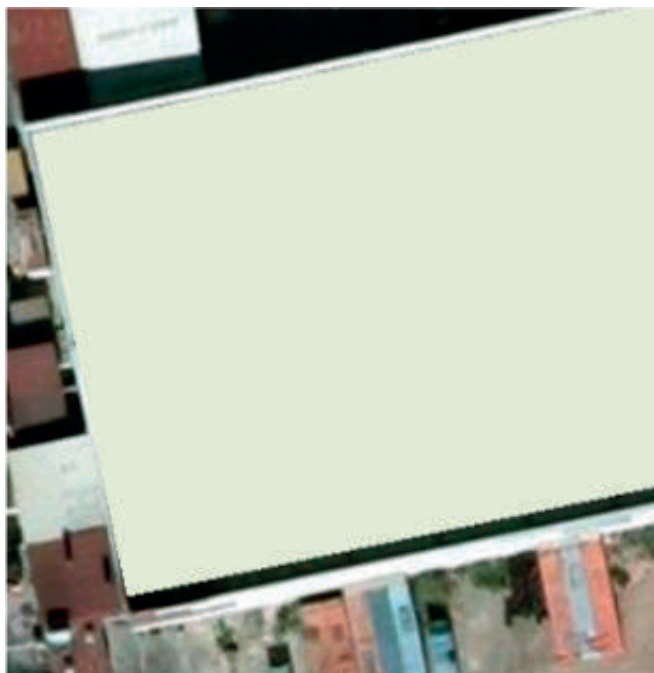
Demanda Requerida	[MWh/a]	12 916.08
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	3 410.87
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	9 505.21
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	55.00
Fracción Solar	[%]	46.72%

Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia Solar
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	410.00	327.79	143.85	193.81	183.95	56.1%	47.3%
Febrero	480.04	860.65	655.78	220.92	204.88	49%	46.0%
Marzo	656.82	1 267.07	962.27	311.51	304.80	63%	47.4%
Abril	676.48	810.18	530.80	286.05	279.38	70%	42.3%
Mayo	735.70	1 208.90	878.33	349.10	330.57	76%	47.5%
Junio	819.17	1 229.76	864.21	364.17	365.55	84%	44.5%
Julio	900.42	955.44	555.38	429.73	400.06	94%	47.7%
Agosto	862.40	943.96	525.15	410.53	418.81	94%	47.6%
Septiembre	685.15	1 290.20	939.23	347.18	350.97	77%	50.7%
Octubre	555.74	1 490.22	1 238.43	266.65	251.79	60%	48.0%
Noviembre	408.92	1 653.69	1 467.08	188.33	186.61	42%	46.1%
Diciembre	314.69	878.23	744.71	138.72	133.52	33%	44.1%
TOTAL	7 505.53	12 916.08	9 505.21	3 506.68	3 410.87	26.41%	46.7%

12

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UNA LAVANDERÍA EN CANARIAS



La lavandería de Canarias utiliza agua caliente y vapor para conseguir los niveles de limpieza y las condiciones previas al planchado adecuadas. La solarización del proceso se realiza precalentando el agua de red disponible hasta un nivel térmico lo más próximo al deseado.

INSTALACIÓN EN ESTUDIO

1	Lavandería	Demanda Anual	3.273,6	MWh/año
		Régimen de Funcionamiento	290	días/año
			12	horas/día

Demanda térmica requerida en STC

105° en impulsión y **19°** en retorno (ambiente)

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual, precalentando la alimentación del agua de red

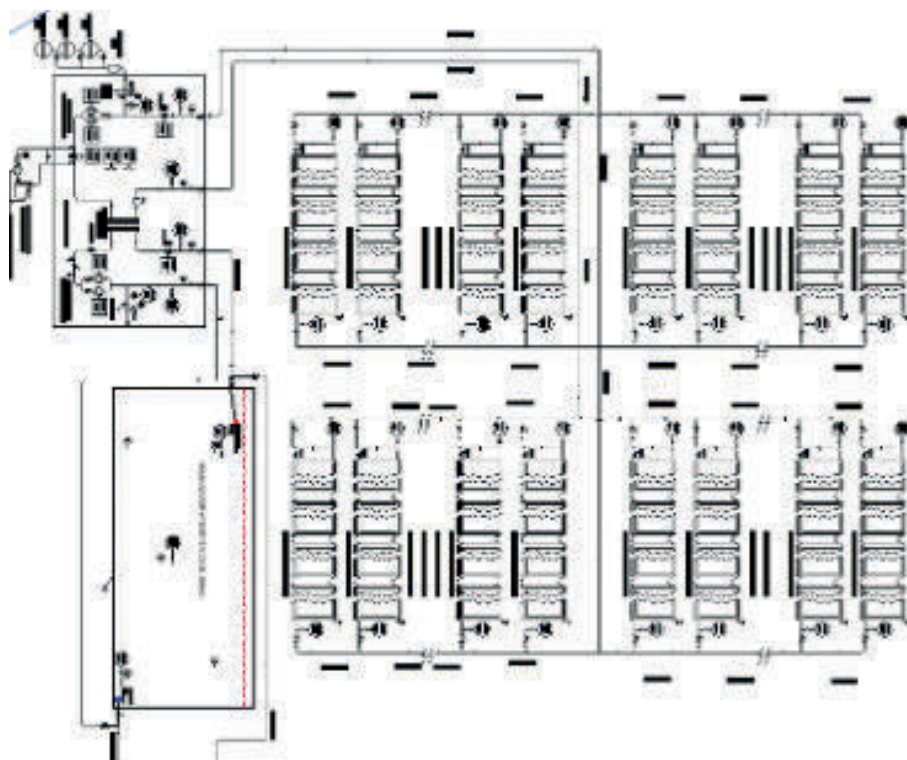


DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	909,7
Producción solar específica [kWh/m ² a]	1.261,6
Aporte solar neto (MWh/a)	1.148
Fracción solar (%)	62

Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la cubierta de la lavandería.

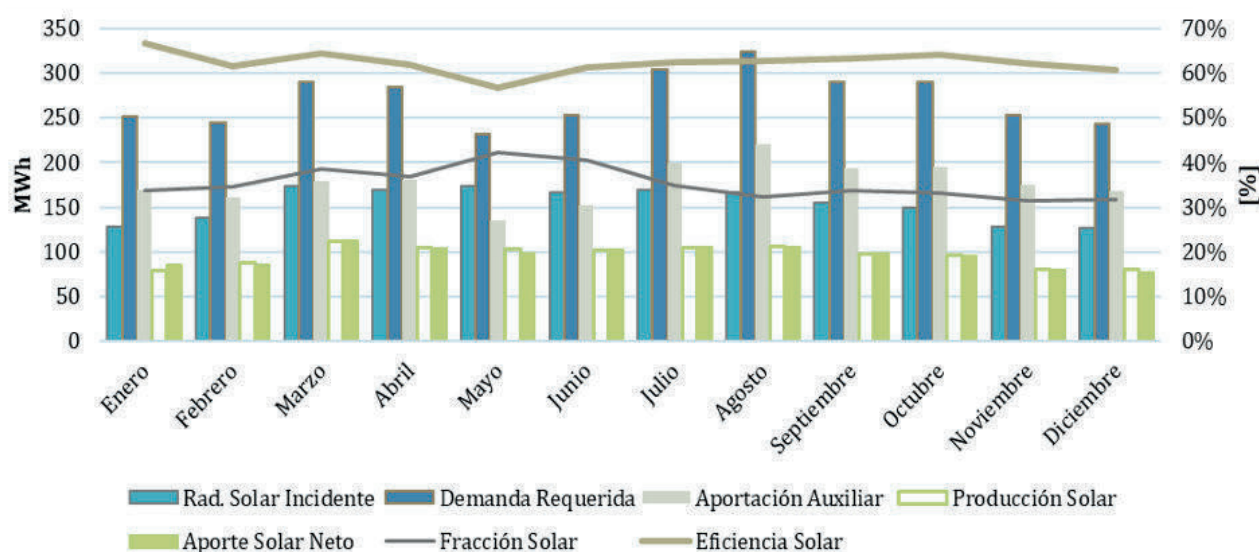
La configuración del campo solar se compone de 12 filas con 75 captadores por fila inclinados 25° con un azimut de 0°.

Se han elegido captadores planos de gran formato



Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Fueloleo
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	85%
Coste Energía Convencional (bruto)	39 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	45.9 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	5%
Coficiente emisiones CO ₂ gas natural	0.279 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	650 €/m ² _apertura 591.305 €
Porcentaje Subvención	45%
Coste O&M	1% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	85 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	3%
Reducción anual producción solar	0%
Periodo Análisis/vida útil instalación	30 años
Rentabilidad del proyecto TIR	19,9%
Payback Simple	4.9 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	9.594 toneladas CO ₂



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda de la producción, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar.

Resultados Energéticos Globales

Demanda Requerida	[MWh/a]	3 260.81
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	1 147.72
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	2 126.60
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	55.00
Fracción Solar	[%]	62.50%

Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia Solar
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	127.73	252.34	168.79	78.51	85.10	33.7%	66.6%
Febrero	137.83	245.18	161.42	87.49	84.88	35%	61.6%
Marzo	173.80	289.46	178.60	112.38	111.98	39%	64.4%
Abril	169.08	283.90	180.51	104.95	104.36	37%	61.7%
Mayo	172.84	232.19	135.55	103.00	98.23	42%	56.8%
Junio	167.12	252.79	151.67	101.64	102.25	40%	61.2%
Julio	169.62	304.25	199.43	104.53	105.70	35%	62.3%
Agosto	166.70	323.74	220.00	105.81	104.72	32%	62.8%
Septiembre	154.49	290.35	193.49	98.02	97.71	34%	63.2%
Octubre	149.47	289.85	194.97	95.80	95.77	33%	64.1%
Noviembre	128.37	253.43	174.57	80.05	79.88	32%	62.2%
Diciembre	127.10	243.34	167.60	80.34	77.14	32%	60.7%
TOTAL	1 844.15	3 260.81	2 126.60	1 152.52	1 147.72	35.20%	62.5%

13

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA LIMPIEZA DE BOTELLAS EN BADAJOZ



El proceso de lavado de botellas se encuentra en las instalaciones de un embotellador de vino en Badajoz.



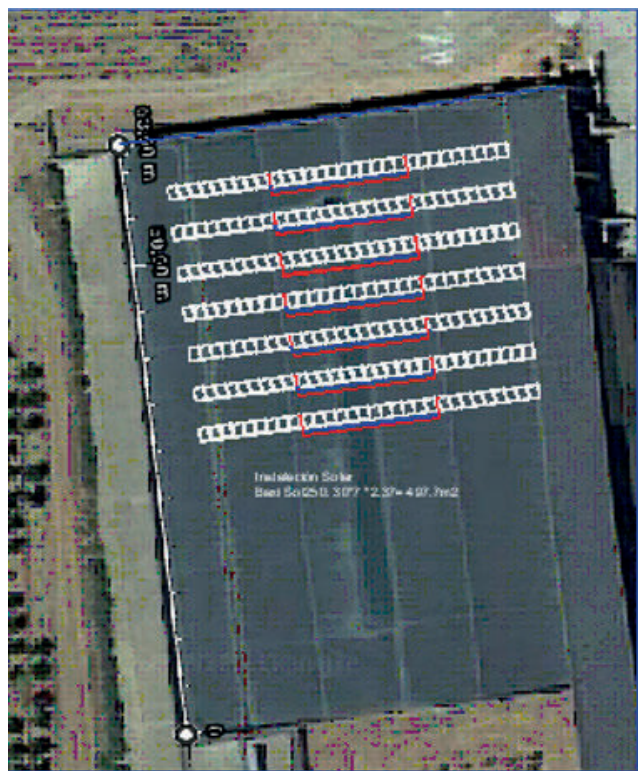
INSTALACIÓN EN ESTUDIO

1 Limpieza de botellas	Demanda Anual	500	MWh/año
	Régimen de Funcionamiento	320	días/año
		16	horas/día

Demanda térmica requerida en STC

60º en impulsión y **15º** en retorno (ambiente)

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual, precalentando el agua de lavado antes de su envío al sistema de calentamiento convencional

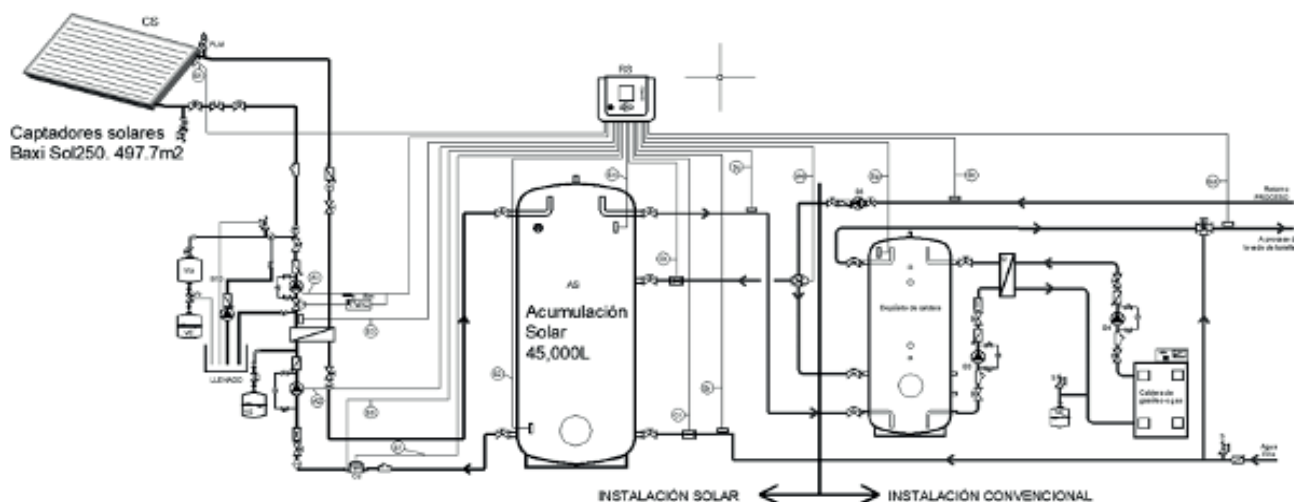


DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	497
Producción solar específica [kWh/m ² a]	766,42
Aporte solar neto (MWh/a)	381.45
Fracción solar (%)	76,3

Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado en la cubierta de la planta donde se realiza la limpieza de botellas.

La configuración del campo solar se compone de 7 filas con 30 captadores por fila inclinados a 30° con un azimut de 0°.

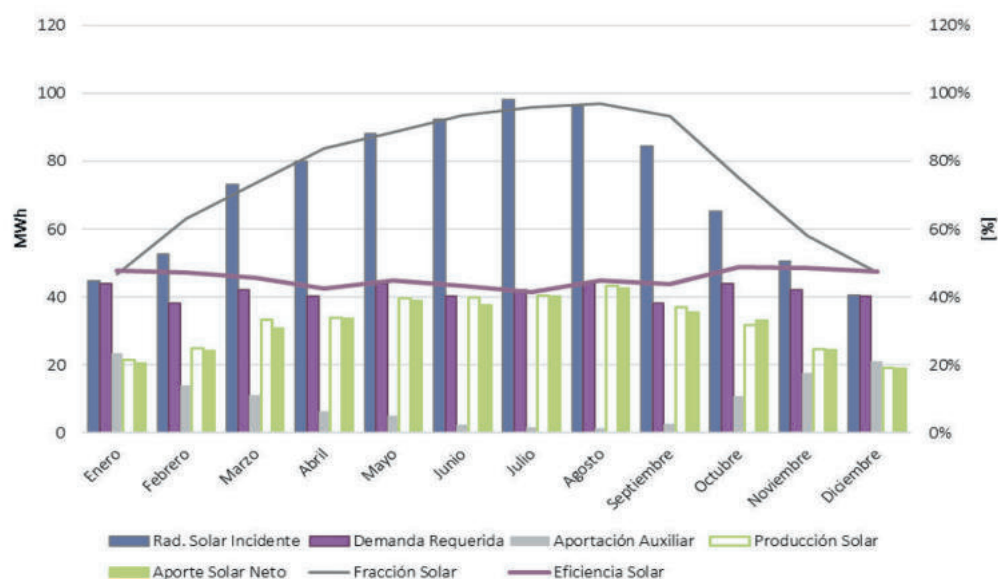
Se han elegido captadores planos de pequeño tamaño



Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gas Natural
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	85%
Coste Energía Convencional (bruto)	57.2 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	67.3 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	5%
Coeficiente emisiones CO ₂ gas natural	0.202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	650 €/m ² apertura 323.505 €
Porcentaje Subvención	45%
Coste O&M	2% anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	85 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	3%
Reducción anual producción solar	0%
Periodo Análisis/vida útil instalación	30 años
Rentabilidad del proyecto TIR	17,9%
Payback Simple	5.5 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	2307 toneladas CO ₂

Instalación solar térmica para limpieza de botellas en Badajoz



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda de la producción, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar.

Resultados Energéticos Globales

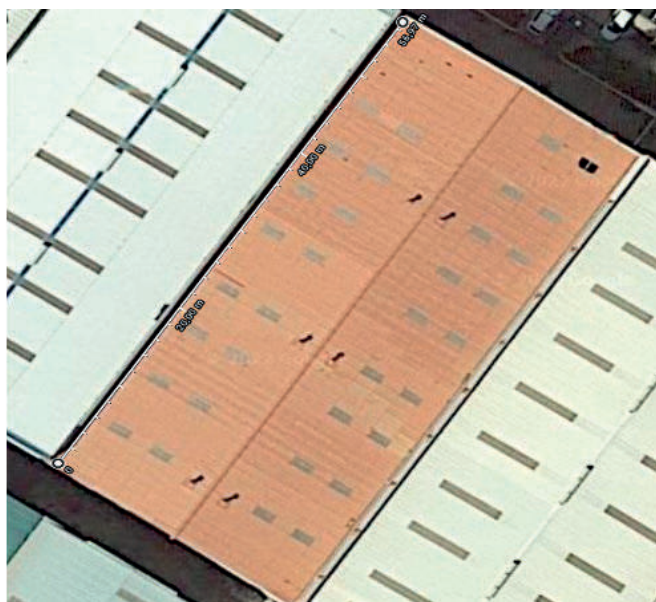
Demanda Requerida	[MWh/a]	500.04
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	381.45
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	118.59
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	7.42
Fracción Solar	[%]	76.3%

Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia Solar
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	44.70	44.07	23.52	21.41	20.54	46.62%	47.9%
Febrero	52.54	38.32	14.12	24.86	24.20	63.15%	47.3%
Marzo	73.03	42.14	11.20	33.44	30.94	73.42%	45.8%
Abril	79.95	40.24	6.50	33.94	33.74	83.85%	42.5%
Mayo	83.05	44.07	5.01	39.63	39.06	88.64%	45.0%
Junio	92.30	40.23	2.58	39.88	37.65	93.60%	43.2%
Julio	98.05	42.16	1.78	40.55	40.38	95.78%	41.4%
Agosto	96.37	44.06	1.36	43.35	42.70	96.92%	45.0%
Septiembre	84.47	38.33	2.63	37.04	35.70	93.13%	43.8%
Octubre	65.20	44.07	10.92	31.78	33.15	75.22%	48.7%
Noviembre	50.47	42.14	17.73	24.56	24.41	57.93%	48.7%
Diciembre	40.59	40.23	21.25	19.24	18.98	47.17%	47.4%
TOTAL	865.72	500.04	118.59	389.69	381.45	76.28%	45.0%

14

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN INDUSTRIA DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN LAS PALMAS



En el procesado de productos lácteos, la principal demanda energética es para la pasteurización, en la que la leche se lleva a una temperatura que oscila entre los 55 y los 75 °C durante 17 segundos, como paso previo a la elaboración de cremas, mantequillas, cuajada, etc

INSTALACIÓN EN ESTUDIO

1 Procesado
de lácteos

Demanda Anual **829,7** MWh/año

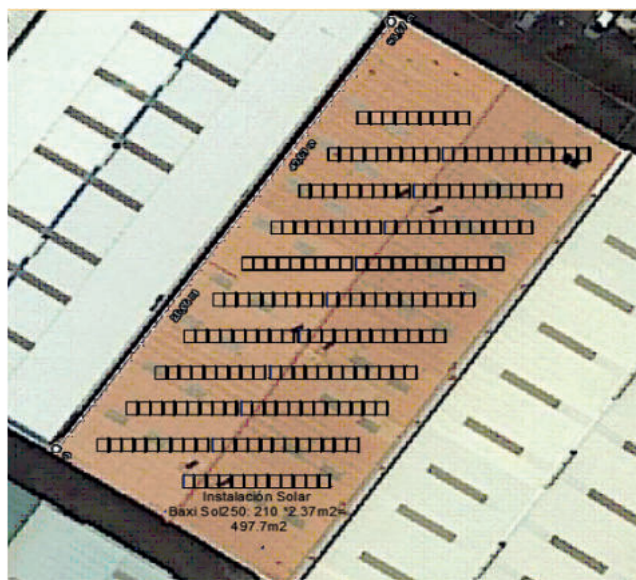
Régimen de
Funcionamiento **350** días/año

21 horas/día

Demanda térmica requerida en STC

120° en impulsión y **60°** en retorno (ambiente)

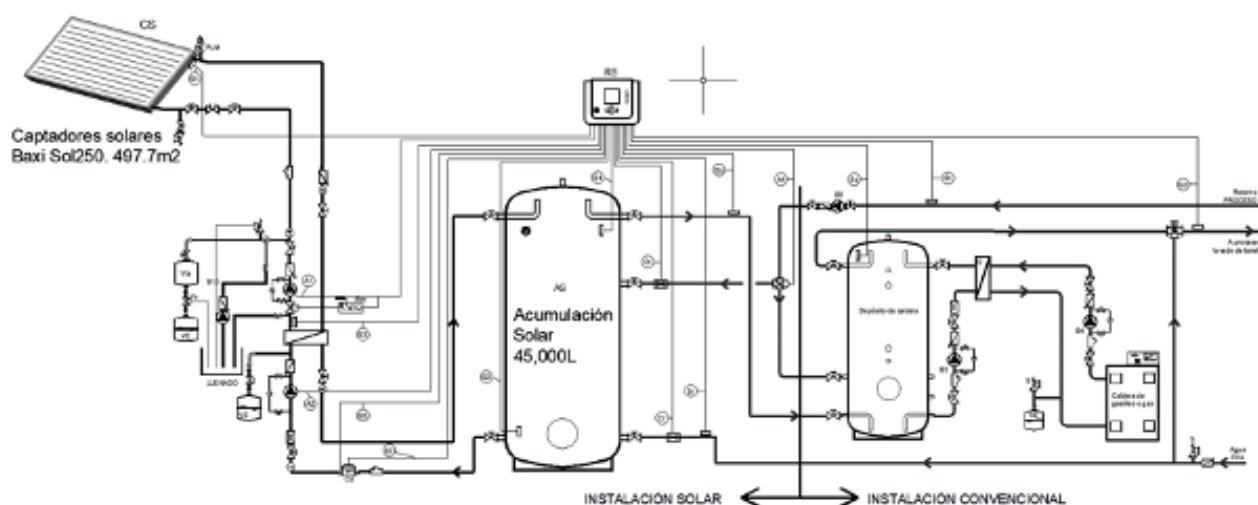
La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el circuito actual, precalentando el retorno proveniente de los secaderos y el digestor



DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	497,7
Producción solar específica [kWh/m ² a]	489,40
Aporte solar neto (MWh/a)	243,58
Fracción solar (%)	29,4

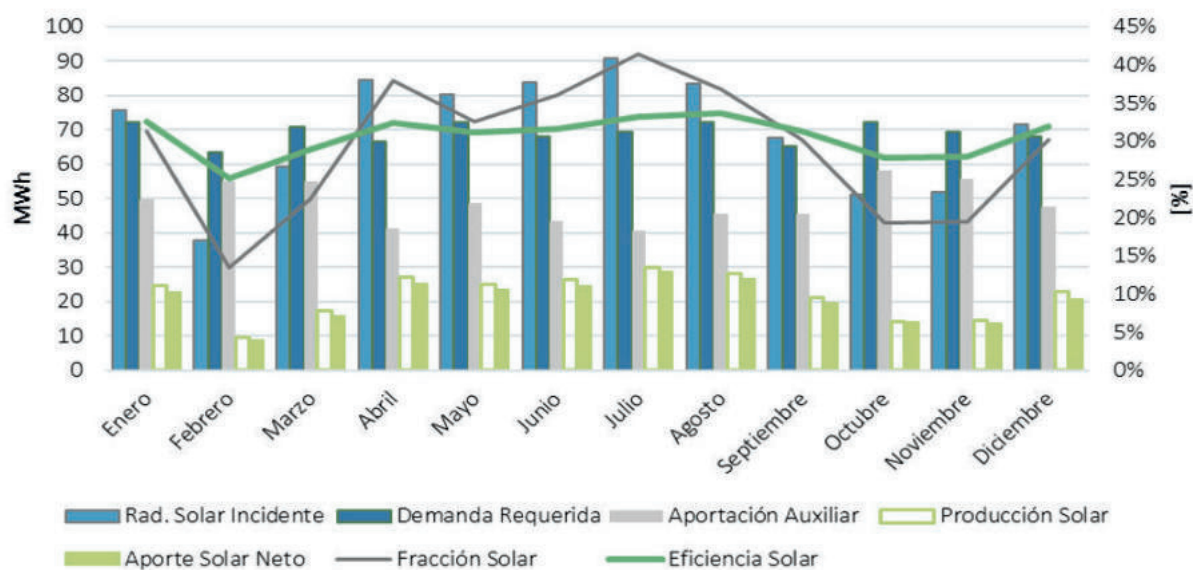
Para la ubicación de la instalación solar se ha seleccionado la cubierta de la nave de producción. La configuración del campo solar se compone de 11 filas con 210 captadores inclinados 25° con un azimut de 0°.

Se han elegido captadores planos de tamaño estándar



Esquema simplificado de la integración de la instalación solar

RESULTADOS Y VIABILIDAD	
Fuente Energía Convencional	Gas Natural
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	85%
Coste Energía Convencional (bruto)	67.1 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	78.9 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	5%
Coefficiente emisiones CO ₂ gas natural	0.202 toneladas CO ₂ /MWh
Coste Inversión	650 €/m ² apertura 323.505 €
Porcentaje Subvención	45%
Coste O&M	1 % anual del coste de inversión sin subvención
Precio CO ₂ evitado	85 €/tonelada CO ₂ evitado
Inflación general	3%
Reducción anual producción solar	0%
Periodo Análisis/vida útil instalación	30 años
Rentabilidad del proyecto TIR	13,7%
Payback Simple	7.2 años
Emisiones de CO ₂ evitadas durante la vida útil	1.473 toneladas CO ₂



Perfiles mensuales de radiación solar disponible, demanda de la producción, aporte solar neto, fracción solar y eficiencia solar.

Resultados Energéticos Globales

Demanda Requerida	[MWh/a]	829.72
Aporte Solar Neto	[MWh/a]	243.58
Aportación Auxiliar	[MWh/a]	586.14
Consumo Parásito Energía Primaria	[MWh/a]	25.00
Fracción Solar	[%]	29.36%

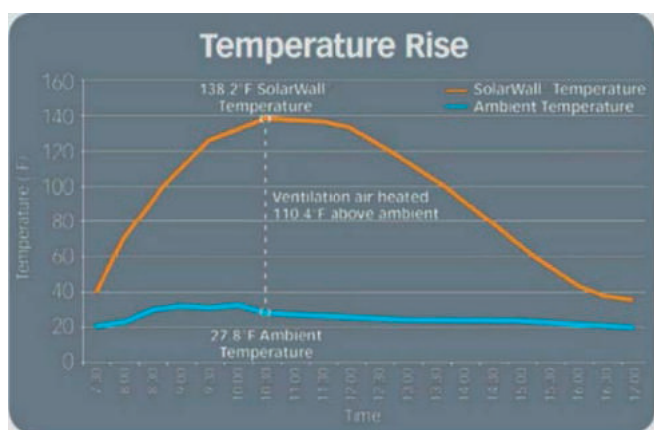
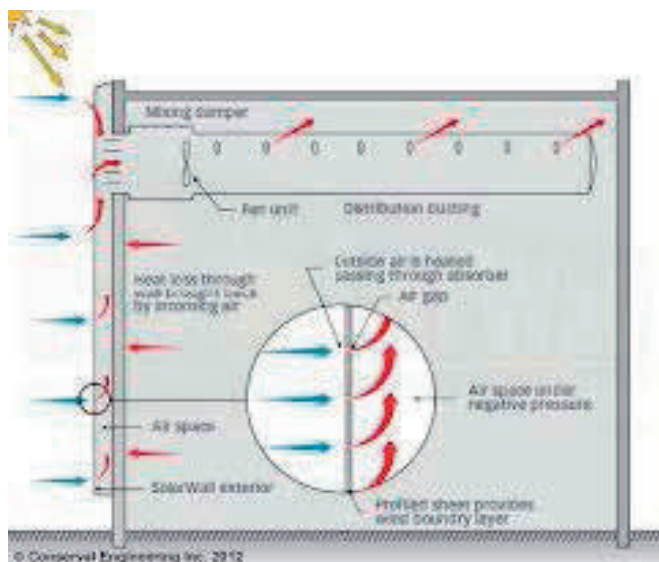
Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Rad. Solar Incidente	Demanda Requerida	Aportación Auxiliar	Producción Solar	Aporte Solar Neto	Fracción Solar	Eficiencia Solar
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
Enero	75.78	72.23	49.61	24.72	22.61	31.3%	32.6%
Febrero	37.77	63.60	55.02	9.52	8.58	13%	25.2%
Marzo	59.19	70.81	54.90	17.17	15.91	22%	29.0%
Abril	84.37	66.55	41.24	27.30	25.31	38%	32.4%
Mayo	80.17	72.23	48.64	24.93	23.58	33%	31.1%
Junio	83.93	67.93	43.45	26.60	24.49	36%	31.7%
Julio	90.69	69.42	40.65	30.11	28.77	41%	33.2%
Agosto	83.39	72.22	45.65	28.09	26.56	37%	33.7%
Septiembre	67.81	65.14	45.41	21.27	19.73	30%	31.4%
Octubre	51.23	72.23	58.24	14.28	13.99	19%	27.9%
Noviembre	51.80	69.34	55.81	14.51	13.53	20%	28.0%
Diciembre	71.68	68.03	47.51	22.95	20.52	30%	32.0%
TOTAL	837.82	829.72	586.14	261.45	243.58	29.36%	31.2%

15

DESHIDRATADO SOLAR PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES

L.PERNIA S.A



INSTALACIÓN EN ESTUDIO

1 Procesado
de lácteos

Demanda Anual **36.000** MWh/año

Régimen de Funcionamiento **365** días/año

24 horas/día

Demanda térmica requerida en el sistema **100^º**

La planta de deshidratado de L.Pernia SA de Chiloeches es una instalación donde se realiza un proceso de deshidratado de subproductos agroindustriales, principalmente bagazo de cerveza. La deshidratación se realiza a baja temperatura, permitiendo un deshidratado eficiente a la vez que mantiene intactas las propiedades de los subproductos sin degradaciones. La energía térmica para el proceso proviene de fuentes de energías renovables: Biomasa y solar térmica. La energía solar es suministrada por un campo solar ubicado en toda la superficie de las cubiertas disponibles mediante el sistema Solarwall. Estos captadores precalientan el aire hasta una temperatura de 60°C por encima de la temperatura ambiente y es introducida al proceso de secado.

La instalación solar se integra en el proceso conectándose en serie con el sistema de la cámara de aire que entra al proceso de secado

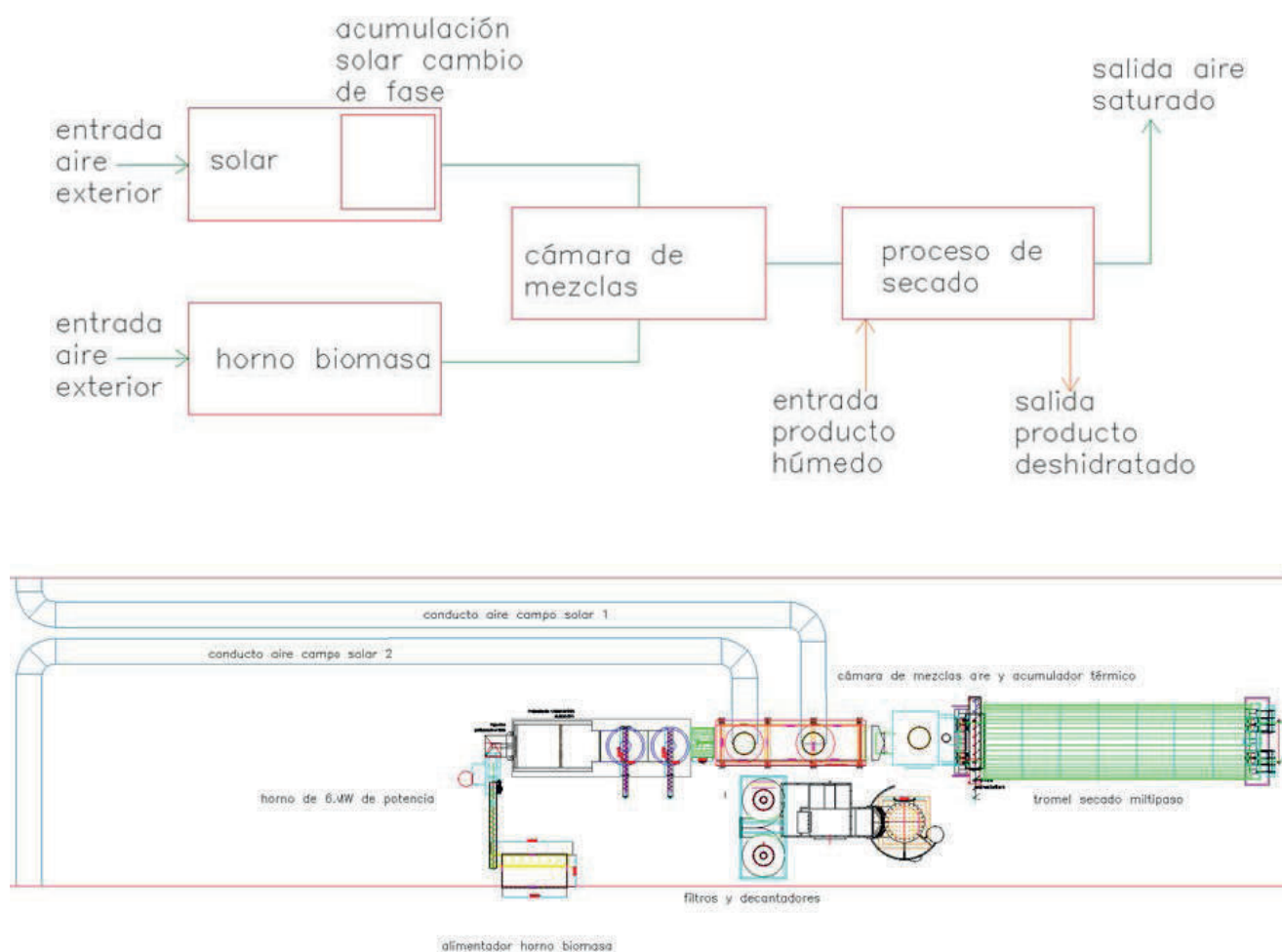


Vista del campo solar en Chiloeches

DIMENSIONADO	
Superficie de apertura total (m ²)	5.000
Producción solar específica [kWh/m ² a]	1.165
Aporte solar neto (MWh/a)	5.827,4
Fracción solar %	16,2

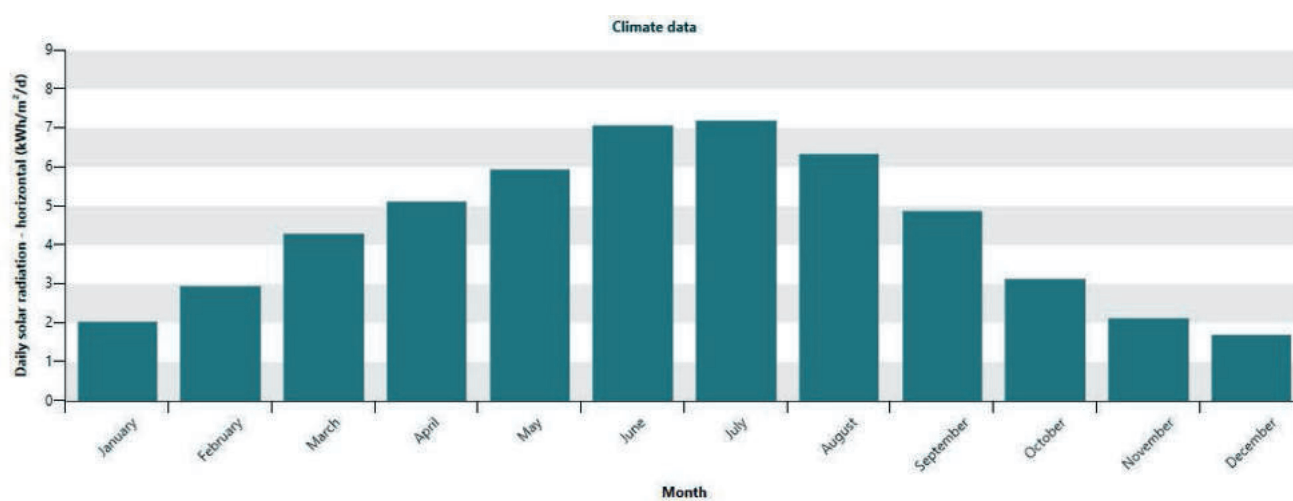
Los captadores solares son del tipo 2-stage de Solarwall, permitiendo un mayor calentamiento del aire. Ocupan toda la superficie de las cubiertas existentes. El caudal de diseño es de hasta 360.000m³/h de aire.

Se han elegido captadores microperforados metálicos



RESULTADOS Y VIABILIDAD

Fuente Energía Convencional BIOMASA	(ASTILLA 3.5 KWh/kg de PCI)
Eficiencia Generación Convencional (s/PCI)	80%
Coste Energía Convencional (bruto)	22.85 €/MWh PCI
Coste Energía Convencional (neto)	28.6 €/MWh útil
Incremento anual Coste Energía y CO ₂	2%
Coficiente emisiones CO ₂ biomasa	CO ₂ /MWh
Coste Inversión	580 €/m ² 2.900.000 €
Porcentaje Subvención	En tramitación
Coste O&M	
Precio CO ₂ evitado	
Inflación general	
Reducción anual producción solar	
Periodo Análisis/vida útil instalación	25 años
Rentabilidad del proyecto TIR	15,1%
Payback Simple	17.4 años sin contar subvención

Emisiones de CO₂ evitadas durante la vida útil

Perfiles mensuales de radiación solar disponible.



IDAE, Calle Madera, 8, 28004 Madrid. Telf: 914 564 900
Fax: 91 523 04 14, mail: comunicacion@idae.es, www.idae.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO