

2 Energía Termosolar

La base de la energía termosolar es la transformación en energía térmica de la energía de los rayos solares, que finalmente se aprovecha normalmente para producir electricidad. La radiación de los rayos solares es convertida en energía térmica al aprovecharse para calentar un fluido, normalmente agua o aceite, que posteriormente pasa por determinados circuitos hasta convertir esta energía térmica en energía eléctrica. Esta transformación se suele realizar a través de turbinas de vapor, que emplean vapor de agua calentado a altas o medias temperaturas.

La energía termosolar aplicada a la obtención de electricidad se realiza de dos formas principales:

- Utilizando la energía solar como un aporte energético adicional en una planta de potencia. En este tipo de proyectos, se incorpora vapor generado por un campo termosolar a un ciclo combinado convencional de combustible fósil, bien para compensar parte del carbón o del gas natural o para aumentar el rendimiento general de la planta. Son las llamadas plantas híbridas, actualmente no hay ninguna planta de estas características en España.
- Utilizando la energía solar para la obtención de la energía eléctrica. La legislación española permite un apoyo de energía fósil de un 15%. Son las plantas termosolares que se están ejecutando en España y que suponen el análisis de este proyecto.

Para la concentración de los rayos solares se suelen emplear unos espejos con un sistema de seguimiento cuyo conjunto se denomina **heliostato**. Estos heliostatos pueden concentrar los rayos sobre un punto determinado (como en la tecnología de torre y discos parabólicos) o sobre una línea de puntos (como en la tecnología fresnel o cilindro-parabólica), los espejos empleados pueden ser planos o estar curvados.

Hay instalaciones de energía termosolar que están provistos de un **sistema de almacenamiento** de energía térmica, que pueden ser de diversas formas. Este almacenamiento facilita que en momentos en los que la fuente de energía (los rayos solares) no nos proporcionan la energía suficiente, sirven de apoyo para seguir suministrando la energía eléctrica. Normalmente se emplean cuando hay nubosidad y pueden llegar incluso a alargar el periodo de funcionamiento, permitiendo la producción de electricidad aunque ya el sol se haya ocultado (algunas horas durante la tarde-noche). Los fluidos más empleados en estos almacenamientos son unas sales especiales, aceites o directamente vapor de agua.

Uno de los elementos importantes de las plantas termosolares son los **intercambiadores de calor**. Como su propio nombre indica, estos equipos permiten el intercambio de calor entre distintos fluidos. Así, pueden intercambiar el calor entre el aceite calentado por los heliostatos y el vapor de agua que se empleará en la turbina, o entre el fluido almacenado en el sistema de almacenamiento térmico y el vapor de agua.

El fluido empleado realiza un ciclo termodinámico completo, que se suele aproximar al ciclo de Rankine. En este ciclo el fluido es calentado, en el intercambiador o directamente por la acción de heliostatos, para seguidamente ser expandido en la turbina, con la consecuente producción de electricidad. Para completar el ciclo, el fluido debe sufrir una condensación, en un **condensador**, y una compresión que se realiza en una bomba. En el proceso de condensación

se suelen emplear varios equipos, pero es uno de los puntos críticos ya que en el mismo, dependiendo de la tecnología se suele producir una pérdida de agua que hay que reponer posteriormente. Intentar optimizar el consumo de agua de las plantas es un objetivo importante de las distintas tecnologías.

Todos estos aspectos serán comentados y discutidos con amplitud en la particularización de cada tecnología.

2.1 Concentración de la Radiación Solar

Los sistemas termosolares de concentración se caracterizan por el uso de dispositivos que redireccionan la radiación solar incidente sobre una determinada superficie –superficie de captación, A_C , y la concentran sobre una superficie de menor tamaño –superficie absorbadora, A_{abs} o, simplemente, absorbedor. El cociente de las áreas de estas dos superficies se denomina razón de concentración geométrica, C_g .

Los sistemas termosolares de concentración permiten un aprovechamiento más eficiente de la energía solar que los sistemas no concentradores. El Segundo Principio de la Termodinámica nos indica que el rendimiento de la máquina térmica asociada al sistema termosolar será tanto más alto cuanto mayor sea la temperatura de operación, T_{op} , que a su vez está directamente relacionada con la temperatura del receptor o temperatura de captación (por simplicidad, se considerará que son iguales). Sin embargo, las pérdidas por radiación en el receptor son proporcionales a la cuarta potencia de la diferencia de temperatura entre éste y sus alrededores, por lo que su rendimiento disminuirá con ésta. Estas pérdidas son, además, proporcionales al área de la superficie absorbadora, que puede reducirse si se aumenta la razón de concentración.

Por ello, para una misma temperatura de operación, el rendimiento será mayor cuanto mayor sea la razón de concentración. El rendimiento del sistema en su conjunto será igual al producto de los rendimientos de la máquina térmica y el receptor, por lo que, dada una máquina térmica, para cada razón de concentración existirá una temperatura óptima de operación. A medida que se aumenta la razón de concentración, mayor es la temperatura óptima de operación (Figura 1).

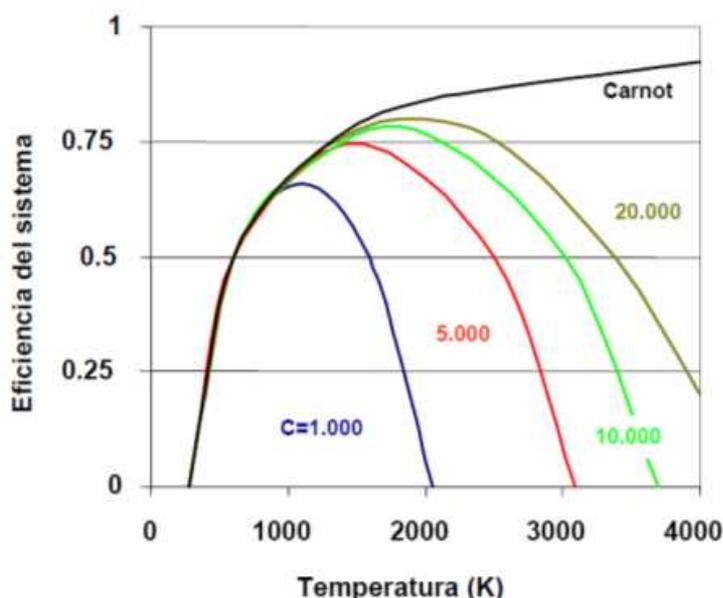


Gráfico 1: Rendimiento energético de un sistema termosolar en función de la temperatura de operación, tomando como parámetro la razón de concentración

Con esta gráfica se muestra como con mayor concentración se obtiene una mayor temperatura y un mejor rendimiento energético.

2.2 Situación Geográfica

Los sistemas de concentración de la radiación solar sólo aprovechan la radiación directa incidente sobre la superficie captadora, por ello es interesante que la radiación directa normal sea muy alta. Este dato se mide con la DNI (Direct Normal Irradiation).

La utilización de la radiación solar concentrada para obtener electricidad requiere de unas condiciones solares adecuadas (niveles de irradiación horizontal de 1800-2500 Kwh·m-2 anuales 5) y que son características de una zona determinada de la Tierra denominada el Cinturón Solar. Las regiones más privilegiadas se encuentran en el suroeste de EE.UU., América Central y del Sur, África, Oriente Próximo, la Europa Mediterránea y las regiones desérticas de la India, la antigua Unión Soviética, China y Australia. En muchas de estas zonas, un kilómetro cuadrado de tierra basta para generar unos 100-200 GWh de electricidad al año, cantidad equivalente a la producción anual de una central térmica convencional de carbón o de gas de 50 MW.

Normalmente cuanto más alto sea este valor, menor será el coste de producción de electricidad. **Los terrenos a considerar deben tener una DNI > 1.800 kWh/m² al año.**

A continuación se muestra cómo disminuye el coste de la electricidad (LEC – Levelized Electricity Cost) a medida que aumenta la radiación directa normal y teniendo como referencia el coste con DNI=2.000 kWh/m² anual.

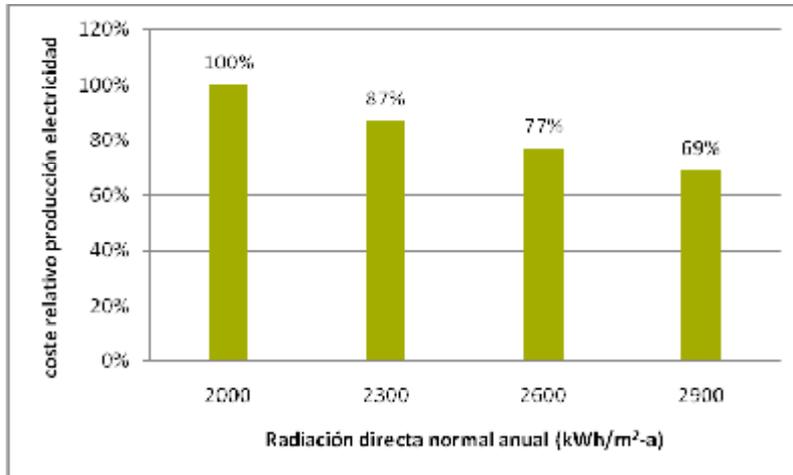


Gráfico 2: evolución del LEC en función de la radiación solar

Además de las exigencias de radiación solar, existen otras como:

- La superficie considerada debe ser lo suficientemente plana (no se suelen considerar si la pendiente es mayor del 2%).
- Debe existir disponibilidad de recursos hídricos. El agua se emplea en la limpieza y, sobre todo, en la condensación del vapor en el ciclo de potencia.
- También es aconsejable tener disponibilidad de combustible. Se está utilizando el gas natural como apoyo para situaciones de baja radiación, por lo que las plantas se sitúan cerca de un gaseoducto.

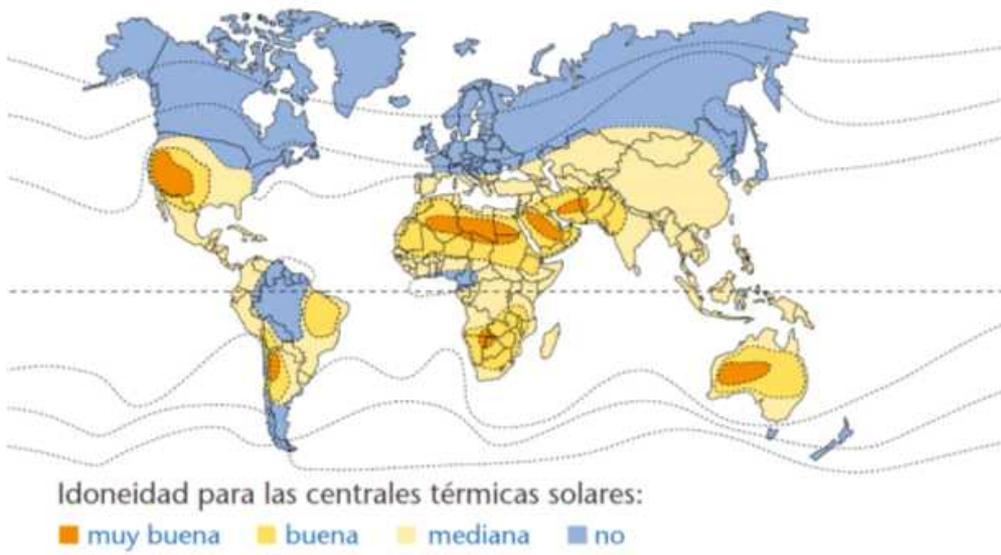


Figura 1: mapa de idoneidad para instalación de planta termosolar