

CONCENTRACION DE LA RADIACION SOLAR

Introducción

La radiación solar que llega al límite externo de la atmósfera es de 1400 w/m^2 . Sobre la superficie terrestre, en regiones de baja latitud y alta heliofanía (“transparencia” de la atmósfera) pueden llegar, a mediodía, hasta poco más de 1000 w/m^2

Esta densidad de energía permite aplicaciones térmicas de la energía solar de baja temperatura, tales como los colectores solares planos o los cultivos bajo cubierta.

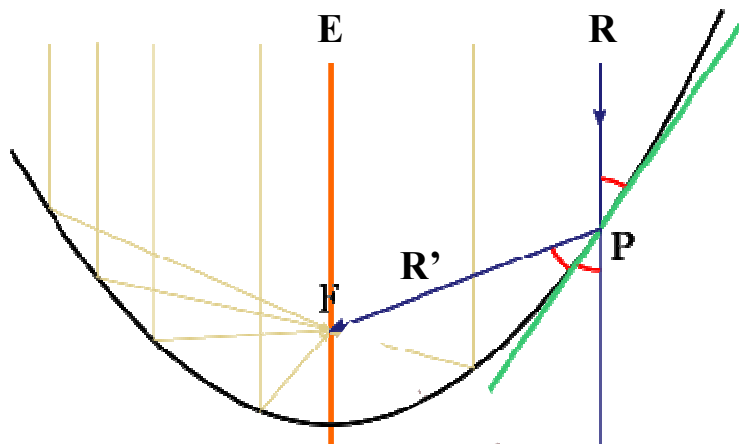
Cuando se necesitan temperaturas medias (más de $150 \text{ }^\circ\text{C}$) y altas (hasta varios miles de grados) se necesita concentrar la radiación solar. Algunas aplicaciones son la generación de energía eléctrica, los hornos solares (para aplicaciones metalúrgicas) o las cocinas solares de concentrador.

Para concentrar la radiación, es decir, obtener intensidades mayores por unidad de superficie, se debe recurrir a concentradores de la radiación solar.

La concentración se logra mediante *superficies reflectantes parabólicas*.

Esto se debe a una propiedad de la parábola, y es que “*el ángulo formado por la tangente en cualquier punto de la parábola con la recta paralela al eje de la parábola en ese punto, es igual al formado por dicha tangente con la recta que une el punto de tangencia con el foco de la parábola*”

Si la parábola (o superficie parabólica) es reflectante y la recta paralela al eje es un rayo de luz, este se reflejará siempre con un rayo que pase por el foco. Veamos la figura:



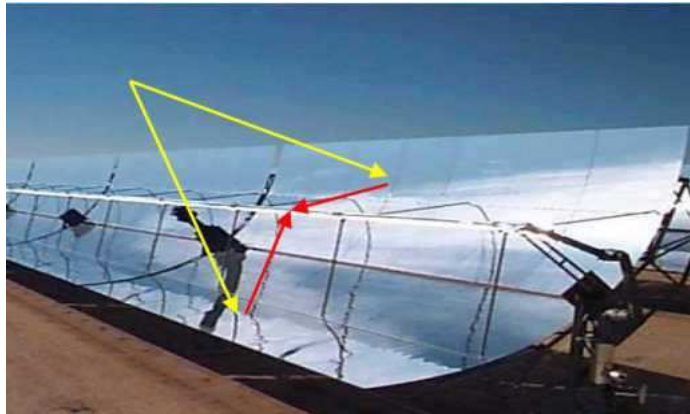
Así, el rayo que ingrese paralelo al eje E de la parábola, tal como el R, se reflejara en el punto P con R' que pasa por el foco F. Cualquier otro rayo, como los representados con color claro, se reflejarán pasando siempre por F.

En la práctica, F no es un punto, ya que el sol tiene un tamaño aparente (su imagen no es puntual), por lo que en torno al punto F aparece una zona de muy alta densidad, llamada “entorno focal”

Tipos de concentración

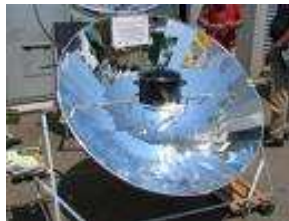
Existen dos tipos de concentradores:

- a) Los parabólicos cilíndricos (curvatura única) llamados “2D” por ser de “dos dimensiones” que permiten densidades y temperaturas medias en el entorno focal (200-300 °C) y
- b) Los paraboloides de revolución (doble curvatura) llamados “3D”, por ser en “tres dimensiones” que permiten temperaturas aún superiores a los 3000 °C



Concentrador cilíndrico (2D). Obsérvese que se genera un entorno focal de tipo “lineal” (en blanco)

Estos son concentradores 3D. Una pequeña cocina solar, o un gran horno solar (EnTashkent, con la altura de un edificio de varios pisos). En este caso, vemos una porción del paraboloides sin simetría circular



El seguimiento del sol

Una de las dificultades de estos sistemas, es garantizar a toda hora del día, que los rayos solares ingresen en modo paralelo al eje del paraboloides.

Para ello se necesita un sistema de seguimiento del movimiento aparente del sol (tracking) guiado por un sistema de control básicamente formado por un colimador o tubo estrecho al que ingresa la luz solar, que posee en el fondo una celda fotovoltaica. Cuando el concentrador está bien orientado hacia el sol, la luz llega al fondo del tubo del colimador, y la celda genera electricidad. Cuando esto no ocurre se genera un giro del concentrador hasta volver a establecer la tensión de la celda.

En concentradores pequeños, como el de una cocina solar, este seguimiento del movimiento aparente del sol puede garantizarse con un sistema de tracking aplicado directamente al concentrador (o inclusive puede ajustarse su posición a mano cada x tiempo).

Pero en concentradores de grandes dimensiones la tecnología se complica, existiendo deformaciones de la superficie parabólica que afectan el funcionamiento, cuya solución es muy costosa.

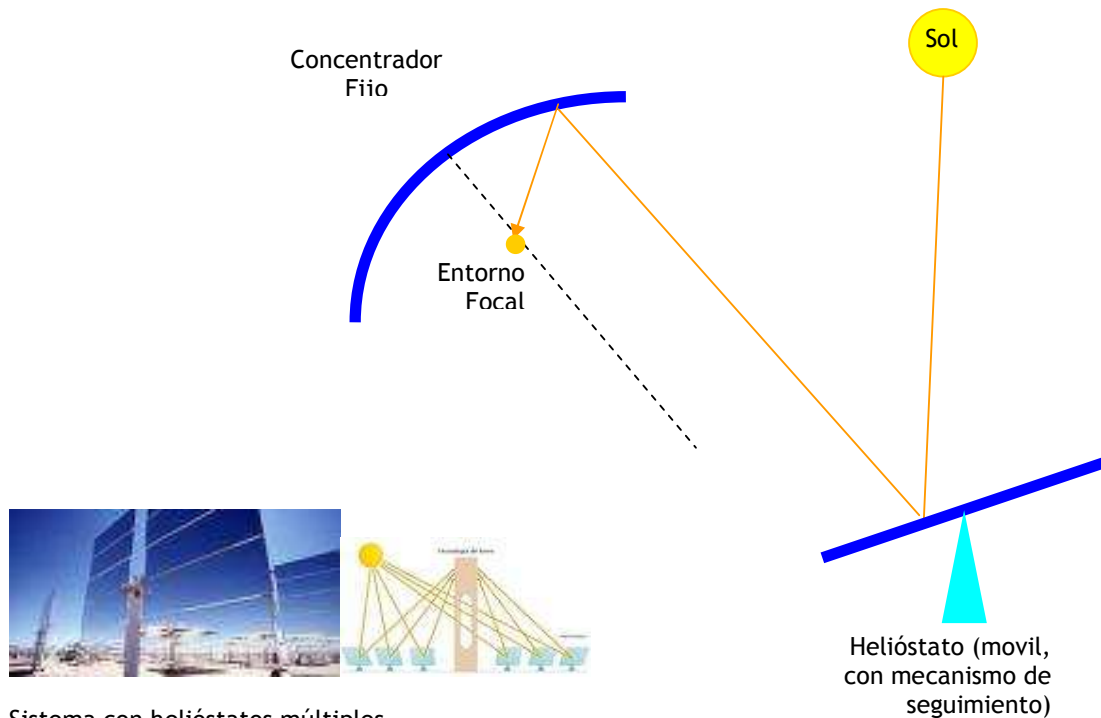
En estos casos se recurre a uno o mas espejos planos intermediarios, llamados *helióstatos*.

Un sistema concentrador tiene entonces dos reflexiones:

La primera, de la luz solar en la superficie reflectante del helióstato, y luego este rayo reflejado vuelve a reflejarse en el concentrador pasando por el entorno focal.

Estas dos reflectividades hace que haya pérdida de intensidad, ya que en cada paso hay un porcentaje de la radiación que no se refleja (se absorbe o se refracta).

Sin embargo, los beneficios de mover los helióstatos planos (sea uno grande o muchos pequeños) superan esta pérdida de reflectividad.



Sistema con helióstatos múltiples

Materiales reflectantes

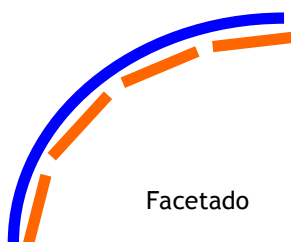
El aspecto clave de un sistema concentrador es que produzca la mayor concentración de radiación posible sobre el entorno focal.

Esto dependerá, además del buen seguimiento solar, de dos cuestiones fundamentalmente:

- La reflectividad del material elegido
- La fidelidad a la forma parabólica lograda

La mayor reflectividad se logra con espejos de alta calidad (float). Estos presentan dos problemas a superar: su deformabilidad y la dificultad para su construcción precisa en formas parabólicas.

Este último problema se resuelve con concentradores *facetados* que siguen la forma parabólica en modo aproximado a través de muchos pequeños espejos (facetas)



Facetado

Una alternativa es utilizar film reflectante, tipo mylar. Esto soluciona los problemas antes mencionados, pero requiere de la construcción de una base con suficiente ajuste a la forma parabólica, que puede prepararse con resina epoxi.

Aplicaciones

Las aplicaciones son múltiples.

Cocinas solares

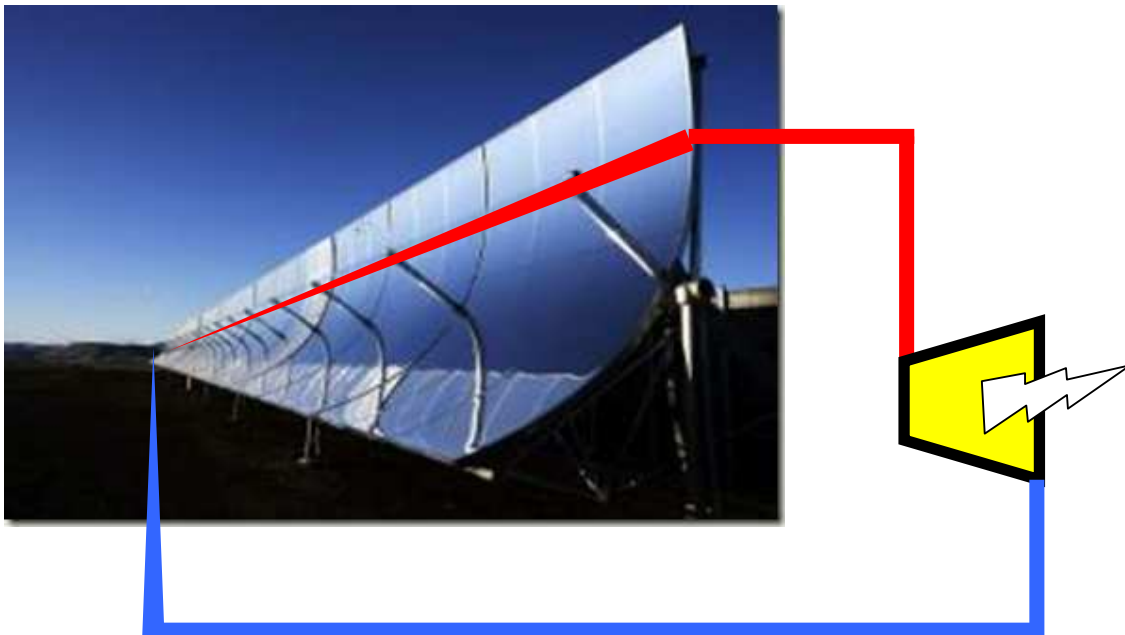
Con pequeños concentradores 3D pueden realizarse cocinas solares. El concentrador puede tener entre 80 cm y 2 metros. En la zona focal se coloca una “hornalla” donde se apoya el recipiente con los contenidos a preparar.



Esta cocina tiene una superficie que combina la forma de paraboloides continuo, con el facetado, formada por “gajos” de forma parabólica

Generación de Electricidad

Esto puede realizarse tanto con concentradores 2D como 3D, pero las tecnologías son distintas. En 2D



Un fluido confinado, por ejemplo aceite, circula por tuberías que coinciden con el entorno focal calentándose a temperaturas de unos 200 °C y convirtiéndose en vapor.

El vapor acciona los álabes de una turbina que genera electricidad.
Los concentradores cilíndricos tienen tracking para el seguimiento solar.
Existen centrales eléctricas de este tipo, con varios km² de espejos, tales como la emplazada en el desierto de Mojave, California



Vista aérea de la central solar del desierto de Mojave. Las filas son espejos parabólicos cilíndricos. Abajo, otra vista.



También es posible generar energía eléctrica mediante concentradores 3D, colocando en la zona focal una máquina térmica capaz de convertir calor en electricidad, por ejemplo un motor de ciclo confinado de hidrógeno *Stirling*.
También se puede accionar el generador con fluidos como agua (vapor), sodio o sales fundidas

Aplicaciones metalúrgicas

Las altas temperaturas logradas en el entorno focal en grandes concentradores 3D permiten aprovecharlos para aplicaciones metalúrgicas en atmósfera decontaminada, como el caso del Horno Solar de Tashkent (ex URSS) donde se obtienen aleaciones para la industria aeroespacial.



*En esta foto se ve la central solar 3D más grande del mundo, de tipo torre.
La cabina que se ve a $\frac{3}{4}$ de altura en la torre de 165 mts. se halla en la zona focal. Esta central, en Andalucía, España, la concentración se logra mediante 1255 de espejos dotados de seguimiento solar*



Aspecto de la central española PS10



Horno solar de Odeille, en los Pirineos franceses.