

# ANÁLISIS DE LA REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

Trabajo final de Avances en Energías Renovables

Andrés Felipe López Rodríguez

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación  
Universidad de Cantabria  
Máster Universitario en Investigación en Ingeniería Industrial

11 de enero de 2022

# Índice

## INTRODUCCIÓN

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

## LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE CONVERSIÓN

Sistemas de Captación

Sistemas pasivos

Sistemas activos

## LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

# Índice

## INTRODUCCIÓN

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

## LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE CONVERSIÓN

Sistemas pasivos

Sistemas activos

## LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

## ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay una fuerte tendencia por encaminar esfuerzos para la conservación del medio ambiente y hacer frente al cambio climático, es innegable que el desarrollo de las naciones debe continuar, pero no sin antes hacer una transición energética cuya matriz de generación este conformada mayoritariamente o en su totalidad por fuentes renovables. Si bien la energía es importante para todas las actividades que hoy por hoy son llevadas a cabo, en general para el desarrollo económico y social (crecimiento avanzado de la población mundial, especialmente en Asia y África, el uso de combustibles fósiles como fuente de energía influye en gran medida en la generación de gases de efecto invernadero. Se ha evidenciado que algunas de las actividades que representan un consumo de energía elevado son las aplicaciones de refrigeración (frigoríficos comerciales y domésticos): notándose un aumento

# Índice

## INTRODUCCIÓN

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

## LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE CONVERSIÓN

## 2. LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

De los beneficios preponderantes que traen las FER son la nula o mínima emisión de gases de efecto invernadero; ofrecen una solución para las zonas con problemas de bajo o inexistente suministro eléctrico; a largo plazo suelen ser rentables económicamente con costos de operación bajos; los recursos se encuentran en casi que cualquier lugar de la tierra; y traen beneficios en la salud y calidad de vida de las personas. Como desventajas se destaca que tienen costos iniciales muy altos (incluyendo los costos de almacenamiento); son impredecibles y dependen de las condiciones climáticas; se suelen necesitar grandes extensiones de terreno para su instalación.

# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 2.1. Energía Solar

Este tipo de energía se refiere a la radiación proveniente del sol, la cual llega de tres formas (directa, difusa y reflejada, ver la Figura), y que es aprovechada a partir de paneles fotovoltaicos y/o de concentradores solares.

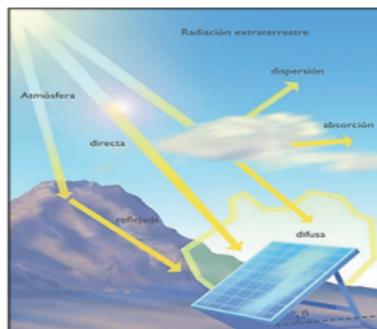


Figura: La radiación solar

# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 2.2. Energía Eólica

Este tipo de energía produce electricidad convirtiendo la energía cinética del viento en energía mecánica y luego en energía eléctrica, empleando turbinas de viento.

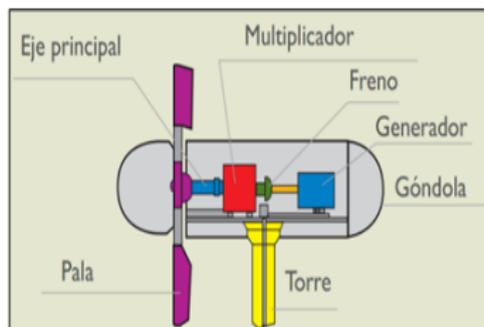


Figura: Partes típicas de un aerogenerador de eje horizontal

# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

**Biomasa**

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 2.3. Energía por Biomasa

Hace referencia a la conversión de biomasa que puede provenir de productos de la tierra o de residuos de cultivos alimentarios, residuos de la agricultura, desechos municipales o industriales, leña, entre otros.

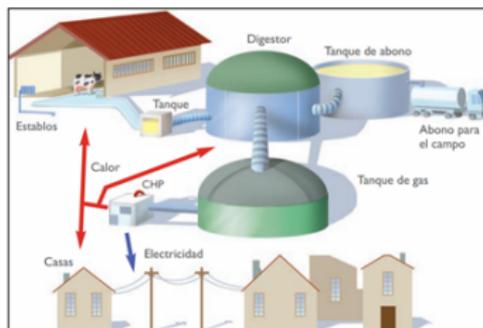


Figura: Esquema de una planta de producción de Biogás

# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 2.4. Energía Geotérmica

Hace referencia a la energía extraída del interior de la tierra con procesos naturales, los cuales incluyen agua o vapor, y pueden transferir el calor del interior a la superficie terrestre.

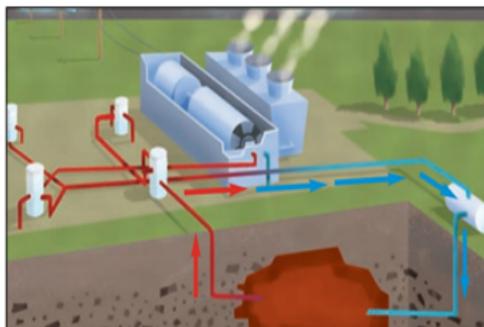


Figura: Esquema de una planta de producción de Biogás

# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

**Energía Hidroeléctrica**

Energía Oceánica

Energía del Hidrógeno

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 2.5. Energía Hidroeléctrica

Se genera por el movimiento del agua, el cual se convierte en electricidad. Las plantas de este tipo pueden tener o no presas y reservorios.

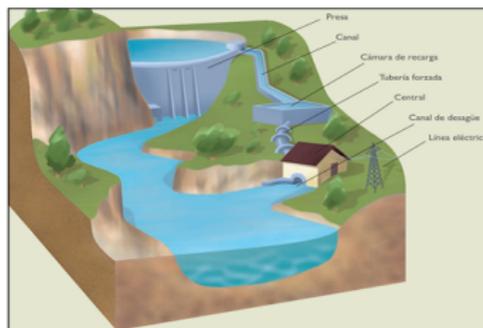


Figura: Esquema de una central hidráulica

# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

**Energía Oceánica**

Energía del Hidrógeno

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire



# Índice

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

Energía Solar

Energía Eólica

Biomasa

Energía Geotérmica

Energía Hidroeléctrica

Energía Oceánica

**Energía del Hidrógeno**

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 2.7. Energía del Hidrógeno

El hidrógeno se considera una forma secundaria de energía que ha de transformarse a partir de otras fuentes primarias. La discontinuidad en las demás energías renovables hace necesario que sean almacenadas, y por ello se ve al hidrógeno como una forma de almacenamiento.

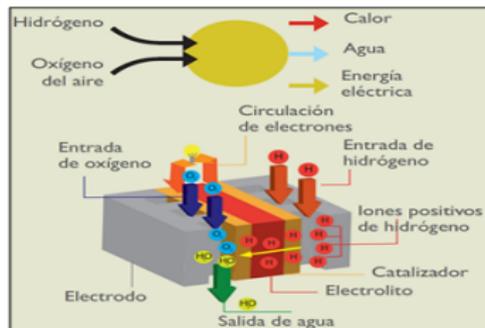


Figura: Funcionamiento de una pila de combustible de hidrógeno

# Índice

INTRODUCCIÓN

LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE  
CONVERSIÓN

Sistemas de Captación

Sistemas pasivos

Sistemas activos

LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA

## 3.LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE CONVERSIÓN

En el sol ocurre un proceso de fusión nuclear que libera cerca de  $3,7 \times 10^{14} \text{ TW}$ , siendo esta la energía solar. De toda esta energía, apenas unos  $173,000 \text{ TW}$  llega a la tierra. Si bien es una cantidad mínima teniendo en cuenta toda la energía emitida por el sol, dicha cantidad de energía 10.000 veces mayor que la que se generan por todas las fuentes de energía empleadas por los humanos en la tierra.

# Índice

## LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE CONVERSIÓN

### Sistemas de Captación

Sistemas pasivos

Sistemas activos

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 3.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Para el aprovechamiento de la energía solar se debe primero considerar el mecanismo de captación, es decir, si se emplea un proceso de captación térmico o fotovoltaico.

### 3.1.1. Sistemas pasivos

No se necesita ningún dispositivo para captar la energía solar, sino que se acude al almacenamiento del calor y el espacio disponible, una relación alcanzada a partir de diseños arquitectónicos. Los elementos básicos de un sistema solar pasivo son:

- Cristalamiento: Capta la radiación solar y retiene el calor por efecto invernadero. Su orientación será preferentemente hacia el sur, dado que de esta forma se aprovechará mejor la radiación solar.
- Masa térmica: Almacena la energía y la conforma los elementos estructurales de la edificación destinados para dicho fin.

## 3.1.2. Sistemas activos

Se emplea un dispositivo para la captación de la radiación solar y comúnmente se denomina colector. Dependiendo de dicho colector el aprovechamiento de la energía se puede dar por una conversión térmica, donde se aprovecha el calor generado por la radiación solar; o, por una conversión eléctrica, donde se aprovecha la energía lumínica para producir electricidad.

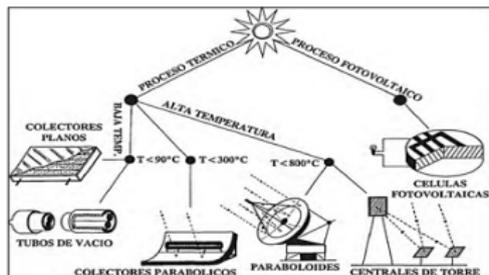


Figura: Sistemas activos de conversión de la energía solar

# Índice

INTRODUCCIÓN

LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE  
CONVERSIÓN

Sistemas pasivos

Sistemas activos

LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN  
Refrigeración de Espacios Empleando Energía Solar Eléctrica

ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA



## 4. LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

Si bien los dos sistemas de refrigeración comúnmente usados para aplicaciones domésticas e industriales son los sistemas de refrigeración por compresión de vapor y absorción, a causa del cambio climático, se ha incentivado a partir del Protocolo de Kyoto y otros tratados a la eliminación gradual de los refrigerantes como los Clorofluorocarburos (CFCs), además de la reducción del consumo energético relacionado a la refrigeración a partir de este tipo de refrigerantes

# Índice

Sistemas pasivos

Sistemas activos

## LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

### Refrigeración de Espacios Empleando Energía Solar Eléctrica

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 4.1. Refrigeración de Espacios Empleando Energía Solar Eléctrica

Un sistema de refrigeración que funcione por energía fotovoltaica no es más que un sistema de este tipo acoplado a un enfriador por compresión.

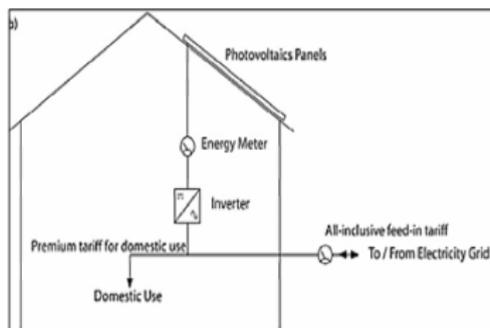


Figura: Esquema de un sistema de refrigeración solar eléctrica

# Índice

INTRODUCCIÓN

LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE  
CONVERSIÓN

Sistemas pasivos

Sistemas activos

LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

INTRODUCCIÓN

LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE CONVERSIÓN

LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN  
ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

Refrigeración de Edificaciones a partir de Energía Solar Térmica  
Enfriamiento empleando Energía Solar Térmica por Absorción

## 5. ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

# Índice

Sistemas pasivos

Sistemas activos

## ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

Refrigeración de Edificaciones a partir de Energía Solar Térmica

Enfriamiento empleando Energía Solar Térmica por Absorción

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 5.1. Refrigeración de Edificaciones a partir de Energía Solar Térmica

En un primer momento la energía solar térmica en las edificaciones es pensada como una fuente de energía para garantizar agua caliente sanitaria y para la calefacción de los espacios, teniendo en cuenta el ahorro energético que supone. Para considerar aumentar la eficiencia energética de las edificaciones, se están considerando los sistemas de enfriamiento impulsados por energía solar como una alternativa para reemplazar las unidades de compresión de accionamiento eléctrico,

# Índice

Sistemas pasivos

Sistemas activos

## ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

Refrigeración de Edificaciones a partir de Energía Solar Térmica

Enfriamiento empleando Energía Solar Térmica por Absorción

Ciclo de refrigeración por absorción

Avances

Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

## 5.2. Enfriamiento Empleando Energía Solar Térmica por Absorción

Una de las tecnologías empleadas en la refrigeración/enfriamiento solar térmico son los ciclos de refrigeración por absorción, ya que, además de aportar a la eliminación de los CFC y los Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) como refrigerantes. Este tipo de sistemas cuyo funcionamiento es esencialmente por calor, además de lo anterior, resultan atractivos teniendo en cuenta que permite el uso de recursos de energía térmica gratuitos, como lo son el calor industrial de bajo grado, energía solar, energía geotérmica, aportando al control del calentamiento global y porque pueden ser operados por energía térmica a baja temperatura sin el uso de grandes cantidades de energía eléctrica.



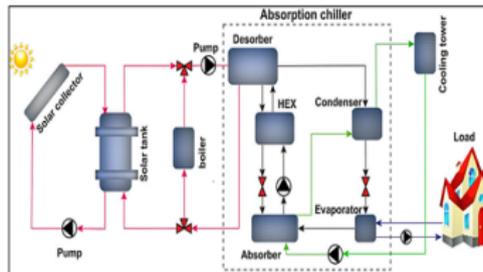
## 5.2.2. Avances

Distintos autores resaltan que los siguientes campos son en los que se ha venido investigando en cuanto a enfriadores por absorción:

- Tecnologías de intercambiadores de calor para enfriadores por absorción.
- Teoría sobre enfriadores de energía solar.
- Evolución y desarrollo de los sistemas de absorción.
- Discusión del estado actual de los estudios teóricos y experimentales de los sistemas de absorción.
- Propiedades termofísicas en los procesos de transferencia de calor y masa de los sistemas de  $NH_3/LiNO_3$  y  $H_2O$ .
- Discusión y categorización de los ciclos de absorción con diagramas  $P - T$ .
- Las variables óptimas por los enfriadores por absorción solar.
- Tecnologías por implementar para mejorar el COP del SRA.

## 5.2.3. Descripción del sistema de acondicionamiento de aire

- El medio de producción de calor: colectores solares térmicos, tanque solar, caldera auxiliar, dos bombas, y un ciclo de distribución. El fluido de trabajo de agua es el principal fluido en la parte solar.
- y el medio de producción de frío: Enfriador por absorción, una torre de enfriamiento, y dos bombas de circulación conectadas al absorbedor y al evaporador.



# Índice

INTRODUCCIÓN

LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE  
CONVERSIÓN

Sistemas pasivos

Sistemas activos

LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

## 6. CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta la coyuntura actual medioambiental, es decir, la crisis del calentamiento global, y como ello repercute en la necesidad de reducir el consumo energético mundial, aun cuando es innegable que el desarrollo económico y social de los países va ligado al consumo de energía y que dicho desarrollo no debe parar, se están considerando las FER como una alternativa amigable con el medio ambiente, de tal manera que se obtenga la energía primaria de una matriz energética conformada mayoritariamente por energías renovables para reducir las emisiones de GEI.
- Un SEAS sigue siendo inviable aún económicamente, y ello se debe principalmente al costo elevado del enfriador por absorción, un equipo complejo, pesado, grande y que puede llegar a necesitar una torre de enfriamiento para aumentar su

# Índice

INTRODUCCIÓN

LAS ENERGÍAS RENOVABLES: GENERALIDADES

LA ENERGÍA SOLAR: RECURSO Y SISTEMAS DE  
CONVERSIÓN

Sistemas pasivos

Sistemas activos

LA ENERGÍA SOLAR EMPLEADA PARA LA REFRIGERACIÓN

ENFRIAMIENTO/REFRIGERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA POR ABSORCIÓN

## 7. REFERENCIAS

- [1] Jesús Armando Aguilar-Jiménez, Nicolás Velázquez, Ricardo López-Zavala, Luis A. González-Urbe, Ricardo Beltrán, and Luis Hernández-Callejo.  
Simulation of a solar-assisted air-conditioning system applied to a remote school.  
*Applied Sciences*, 9(16), 2019.
- [2] Adil Al-Falahi, Falah Alobaid, and Bernd Epple.  
Design and thermo-economic comparisons of large scale solar absorption air conditioning cycles.  
*Case Studies in Thermal Engineering*, 22, 2020.
- [3] Adil Al-Falahi, Falah Alobaid, and Bernd Epple.  
A new design of an integrated solar absorption cooling system driven by an evacuated tube collector: A case study for