



**GUÍA DIDÁCTICA DOCENTE**

**U.D.2 Conversión de enerxía térmica**



**I Olimpíada da Enerxía**

**Liña temática 3**

**Produción de enerxía térmica**

## TEMA 2: CONVERSIÓN DE ENERXÍA TÉRMICA

A conversión de enerxía térmica refírese aos procesos nos que o calor, xa sexa xerado de forma natural ou mediante combustión, se transforma noutras formas de enerxía, como a enerxía mecánica ou a electricidade. Esta transformación é esencial para múltiples aplicacións industriais e domésticas, desde o uso de estufas e caldeiras ata a xeración de electricidade en centrais térmicas.

### 1. Sistemas para a conversión de enerxía térmica

O *aproveitamento directo da enerxía térmica* refírese ao uso da calor para diversas aplicacións sen que se converta noutras formas de enerxía. Este tipo de aproveitamento é clave en numerosos sectores e pódese exemplificar mediante os seguintes sistemas:

- **Caldeiras:** Utilízanse en edificacións para o quecemento de espazos e auga quente sanitaria (ACS). A caldeira transforma a enerxía térmica do combustible en calor que se distribúe polos sistemas de calefacción ou chega ás billas dos fogares.
- **Fornos:** Atópanse tanto en industrias como na cociña doméstica. Nos procesos industriais, como a metalurxia ou a produción de cerámica, os fornos proporcionan a alta temperatura necesaria para transformar materiais. Nas cociñas domésticas, permiten cociñar alimentos a diferentes temperaturas.
- **Secadeiros:** Utilízanse en sectores agrícolas e industriais para secar produtos, como madeira, froitas ou grans. Este proceso de secado con calor axuda a reducir a humidade e mellora a conservación dos materiais.
- **Sistemas xeotérmicos:** Empregan a calor natural da Terra para climatizar edificios. No inverno, o sistema extrae calor do subsolo e transfíreo ao interior da vivenda; no verán, o proceso invértese, e a calor do interior é inxectada no subsolo. Esta tecnoloxía destaca polo seu rendemento constante grazas á temperatura estable do subsolo.
- **Instalacións solares térmicas:** Utilizan colectores para capturar a radiación solar e convertela en enerxía térmica, que se pode

empregar para calefacción e ACS. Estes sistemas son comúns en climas soleados e ofrecen unha forma limpa e renovable de obter calor.

O *aproveitamento indirecto da enerxía térmica* implica a transformación da calor noutras formas de enerxía, como a enerxía mecánica e, finalmente, a enerxía eléctrica. Este proceso é fundamental en centrais eléctricas e en motores de combustión. A continuación, descríbense os sistemas máis relevantes que utilizan este tipo de aproveitamento:

**Ciclos de vapor:** Os ciclos de vapor son procesos nos que a calor se usa para converter auga en vapor, que logo acciona unha turbina conectada a un xerador eléctrico. Este tipo de conversión é común en:

- **Centrais termosolares:** Nestas instalacións, a enerxía solar concéntrase mediante espellos ou colectores parabólicos para quentar un fluído térmico, que transfere calor a un intercambiador. Este, á súa vez, quenta a auga para xerar vapor e mover a turbina, producindo electricidade.
- **Centrais térmicas de carbón:** O carbón quéimase en grandes caldeiras para quentar auga. O vapor xerado acciona turbinas que converten a enerxía térmica en enerxía mecánica e, finalmente, en electricidade.
- **Centrais nucleares:** A fisión de átomos de uranio ou plutonio xera unha gran cantidade de calor que se utiliza para quentar a auga e producir vapor. O vapor acciona as turbinas, permitindo a produción de enerxía eléctrica cun alto nivel de eficiencia e sen emisións de gases de efecto invernadoiro.

**Ciclos de gas:** Os ciclos de gas transforman directamente a enerxía térmica en enerxía mecánica mediante a expansión de gases a alta temperatura. Os sistemas que aproveitan este tipo de ciclos inclúen:

- **Turbinas de gas:** Usadas tanto en centrais de ciclo combinado como en sistemas de xeración de emerxencia, as turbinas de gas queiman combustible (como gas natural) para producir gases a alta temperatura. Estes gases expanden e xeran un movemento que fai xirar as turbinas, convertendo a enerxía térmica en mecánica e, a continuación, en electricidade.

- **Motores de combustión interna e externa:**

- **Motor Otto:** Utilizado en vehículos e outras máquinas lixeiras, funciona mediante a queima dunha mestura de combustible e aire, producida por un encendido por chispa.
- **Motor Diésel:** Tamén común en vehículos e maquinaria pesada, utiliza a compresión do aire para elevar a temperatura e provocar a ignición do combustible.
- **Motor Stirling:** Un motor de combustión externa onde a calor se aplica desde fóra do motor. A súa eficiencia é destacable en aplicacións con fontes renovables, como a enerxía solar concentrada.
- **Motor Ericsson:** Similar ao motor Stirling, tamén é de combustión externa, e funciona mediante ciclos de expansión e compresión de gas a diferentes temperaturas.

Estes ciclos permiten aproveitar a calor para xerar traballo útil e electricidade, o que é esencial para a produción enerxética a gran escala e para o uso eficiente de combustibles e outras fontes térmicas.

## 2. CALDEIRAS: Clasificación e Funcionamento

As caldeiras son sistemas que permiten a conversión de enerxía térmica a través da queima de combustibles para xerar calor, a cal se utiliza para o quecemento de auga ou para a produción de vapor. Poden clasificarse segundo o tipo de fluxo de fluído:

- **Caldeiras acuotubulares:** a auga circula a través de tubos que se queitan por fóra mediante combustión. Son comúns en centrais termoeléctricas debido á súa capacidade de xerar grandes cantidades de enerxía.
- **Caldeiras piro-tubulares (funitubulares):** o gas quente circula a través de tubos rodeados por auga. Usadas principalmente a nivel doméstico, estas caldeiras son máis simples e eficientes para pequenas aplicacións.

### Partes principais dunha caldeira e as súas funcións:

- **Cámara de combustión:** É o espazo no interior da caldeira onde se queima o combustible. A súa función principal é proporcionar un lugar onde se produza a combustión de forma segura e eficiente, liberando calor que será transferido ao fluído que circula pola caldeira.
- **Tubos de circulación de fluídos:**
- **Depósito de auga:** Contén a auga que será quentada pola calor dos gases que circulan polos tubos. A función do depósito é garantir un volume suficiente de auga dispoñible para ser transformada en vapor ou quentada.
- **Intercambiador de calor:** Compoñente que permite a transferencia de calor dende os gases quentes aos fluídos (auga ou vapor) sen que estes se mesturen. Isto mellora a eficiencia do proceso de quentamento xa que permite prequentar o aire e, polo tanto, reducir o consumo de combustible.
- **Sistema de control de temperatura e presión:** Regula e mantén a temperatura e a presión do vapor ou da auga no nivel desexado. A súa función é evitar o sobrequecemento ou un exceso de presión que poida causar danos na caldeira ou nos seus compoñentes.

### 3. XEOTERMIA: aproveitamento da calor da Terra

**Definición de xeotermia:** A xeotermia é a enerxía almacenada en forma de calor baixo a superficie da Terra. Esta enerxía provén do calor residual da formación do planeta e da descomposición radiactiva de minerais. Segundo a Directiva 2009/28/UE, a xeotermia é unha fonte de enerxía renovable que pode ser aproveitada para producir calor e electricidade.

**Principios do gradiente xeotérmico:** A temperatura do subsolo aumenta de forma constante a medida que se profundiza, un fenómeno coñecido como gradiente xeotérmico. Nos primeiros 5-10 metros de profundidade, a temperatura está influenciada pola temperatura exterior. Porén, a partir dos 50 metros, a temperatura

mantense estable entre os 10 e os 13°C, e o gradiente toma valores de 2,5-3°C por cada 100 metros de profundidade.

**Requisitos para a explotación da enerxía xeotérmica:** Para poder aproveitar a enerxía xeotérmica de maneira eficiente, deben cumprirse certos requisitos xeolóxicos:

- **Teito composto de rochas impermeables:** que permitan que a calor se manteña atrapada baixo terra.
- **Depósito (acuífero) de alta permeabilidade:** para facilitar a circulación dos fluídos que transportan a calor.
- **Rochas fracturadas:** que permitan o movemento dos fluídos no subsolo.
- **Fonte de calor próxima:** a unha profundidade de 3 a 10 km, onde as temperaturas poden alcanzar entre 500 e 600°C.

**Problemas e limitacións:** A viabilidade da enerxía xeotérmica pode estar limitada pola xeoloxía do lugar. En moitos casos, a temperatura do fluído é menor que nas fontes de alta temperatura, o que reduce o rendemento da conversión de vapor a electricidade. Porén, a enerxía xeotérmica ten a vantaxe de ser aproveitable en zonas moito máis amplas do planeta, especialmente nas cuncas sedimentarias.

**Aplicacións da xeotermia:**

- **Climatización e ACS:** Os sistemas xeotérmicos son empregados para climatizar espazos e fornecer auga quente sanitaria en países como Islandia e Francia. Coma calquera sistema de bomba de calor, poden extraer calor do subsolo no inverno para quentar os interiores e inxectar calor no verán para refrixeración.
- **Sistemas de calefacción de invernadoiros:** Utilizados na agricultura para manter condicións óptimas de crecemento.
- **Xeración de electricidade:** A pesar do menor rendemento en zonas de baixa temperatura, estas instalacións permiten converter calor en electricidade de forma continua, aproveitando a estabilidade térmica do subsolo.

**Tecnoloxía das bombas de calor xeotérmicas (BCX):** As bombas de calor xeotérmicas destacan pola súa eficiencia grazas á constancia de temperatura no subsolo a partir dos 10-15 metros de profundidade.



Esta característica permite que as BCX teñan un moi bo rendemento, xa que aproveitan a calor almacenada na Terra de maneira constante.

#### 4. ENERXÍA SOLAR TÉRMICA

A *enerxía solar térmica* é a tecnoloxía que permite aproveitar a radiación solar para xerar calor, que se pode utilizar en procesos de calefacción, auga quente sanitaria (ACS) e incluso para a xeración de electricidade en centrais termosolares. Esta forma de enerxía é renovable e ten un baixo impacto ambiental, o que a fai moi atractiva para contribuír á transición cara a sistemas enerxéticos máis sostibles.

**Tipos de colectores solares térmicos:** Os sistemas de enerxía solar térmica pódense clasificar segundo a temperatura de funcionamento e a complexidade do sistema:

- **Colectores de baixa temperatura:**
  - **Colectores de placa plana (Flat Plate Collectors - FPC):** Son os máis comúns para aplicacións domésticas e comerciais, como a calefacción de edificios e a ACS. Estes colectores teñen unha carcasa que os protexe, un vidro antirreflexo que aumenta a transmisión da luz e unha placa absorbadora de cobre ou aluminio que captura a radiación solar e a transforma en calor. O calor transfírese ao fluído de traballo a través dun conxunto de tubos. Estes colectores funcionan sen necesidade de seguimento solar e son máis sinxelos de manter.
- **Colectores de media temperatura:**
  - **Colectores cilindro-parabólicos (CCP):** Utilizados en centrais termosolares para quentar fluídos a temperaturas intermedias. Estes colectores empregan espellos en forma de cilindro-parábola que concentran a radiación solar nun tubo absorbente situado na liña focal. O tubo está composto por un dobre sistema, con vidro exterior e unha estrutura metálica interior que leva o fluído térmico. Estes sistemas teñen seguidores solares que optimizan o ángulo de incidencia da radiación, permitindo unha maior eficiencia.

- **Colectores de alta temperatura:**
  - **Centrais termosolares de torre:** Nestes sistemas, un campo de heliostatos (espellos) orienta a radiación solar cara a un punto específico da torre, onde se atopa o receptor central. A alta concentración de calor permite a xeración de vapor a alta temperatura para mover turbinas e producir electricidade. Estas centrais contan con sistemas de seguimento solar en dous eixes para maximizar a captación da radiación ao longo do día.
  - **Colectores de disco parabólico:** Funcionan de forma similar aos colectores de torre, pero concentran a enerxía solar nun único punto onde se atopa un receptor térmico. Este receptor pode estar conectado a un motor Stirling ou a unha microturbina, que transforma a enerxía térmica en enerxía mecánica e, finalmente, en electricidade.

#### **Funcionamento e compoñentes dun colector de placa plana:**

- **Carcasa:** Estrutura de protección que une e protexe os elementos do colector contra os efectos ambientais, normalmente fabricada de aluminio ou aceiro.
- **Vidro solar:** Vidro templado antirreflexo que asegura unha alta transmitancia e minimiza as perdas por convección. É resistente a choques térmicos e ten baixa expansión térmica.
- **Placa absorbedora:** Converte a radiación solar en calor. Fabricada de cobre ou aluminio, proporciona unha boa transferencia de calor cara aos tubos. As placas modernas adoitan ter recubrimentos selectivos que reducen as perdas por radiación ultravioleta.
- **Conxunto de tubos:** O fluído de traballo circula por estes tubos, transportando a calor xerada pola placa absorbedora cara ao sistema de acumulación.
- **Illante:** Situado na parte posterior da placa absorbedora, reduce as perdas de calor. A miúdo está feito de lá mineral ou de rocha, e algúns modelos incorporan láminas de poliuretano para mellorar o rendemento.



### Aplicacións da enerxía solar térmica:

- **Calefacción e ACS:** Os sistemas de colectores planos son amplamente utilizados para quentar auga e proporcionar calefacción a fogares e edificios comerciais.
- **Climatización de espazos:** En combinación con sistemas de absorción, a enerxía solar térmica pode utilizarse para climatizar espazos, proporcionando tanto calefacción como refrixeración.
- **Xeración de electricidade:** As centrais termosolares de alta temperatura transforman a calor recollida en electricidade mediante ciclos de vapor, cun rendemento global que depende da eficiencia dos colectores e do ciclo de vapor.

A *enerxía solar térmica* é unha tecnoloxía esencial para a descarbonización dos sistemas enerxéticos, xa que permite aproveitar a enerxía solar de forma eficiente e sustentable. Adaptándose a diferentes escalas, desde pequenas instalacións domésticas ata grandes centrais de produción de electricidade, a enerxía solar térmica contribúe significativamente á diversificación e sustentabilidade do mix enerxético global.

## 6. ENERXÍA NUCLEAR

A *enerxía nuclear* é unha forma de enerxía que se obtén a partir de reaccións nucleares, en particular a fisión e a fusión. Estas reaccións liberan grandes cantidades de enerxía debido aos cambios na estrutura dos núcleos atómicos.

**Proceso de fisión nuclear:** A fisión é a rotura dun núcleo pesado, como o do uranio enriquecido ou do plutonio, en núcleos máis lixeiros, xerando unha gran cantidade de enerxía, neutróns e outros subprodutos. Esta enerxía libérase na forma de calor, que é aproveitada para quentar auga e xerar vapor. O vapor acciona turbinas que moven un xerador, producindo electricidade. Unha característica importante da fisión nuclear é que unha pequena cantidade de combustible pode xerar unha enorme cantidade de enerxía; por exemplo, a fisión de 1 gramo de uranio pode producir aproximadamente  $10^7$  kJ, o que equivale á enerxía liberada pola combustión de 3 toneladas de carbón.

**Proceso de fusión nuclear:** A fusión implica a unión de dous núcleos lixeiros, como os isótopos de hidróxeno (deuterio e tritio), para formar un núcleo máis pesado. Esta reacción tamén libera grandes cantidades de enerxía, aínda que en maior proporción que a fisión. A fusión é o proceso que ten lugar no interior das estrelas, incluído o Sol. A pesar do seu potencial como fonte de enerxía limpa e practicamente ilimitada, a fusión aínda non se utiliza de forma práctica debido ás dificultades para iniciar e manter a reacción en condicións controladas. Ata o momento, soamente un experimento logrou producir máis enerxía da que se necesita para iniciar a reacción (Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de California, decembro de 2022).

**Reactores nucleares: funcionamento e partes principais:** Un reactor nuclear é o equipamento onde se produce a fisión controlada. As partes principais dun reactor inclúen:

- **Núcleo do reactor:** Contén as barras de combustible, normalmente feitas de uranio enriquecido ou plutonio. É onde ocorre a fisión e se libera a calor.
- **Barras de control:** Compoñentes que absorben neutróns e regulan a velocidade da reacción nuclear. Desprazándose cara dentro ou fóra do núcleo, controlan a intensidade da fisión e aseguran que a reacción sexa segura.
- **Moderador:** Material que reduce a velocidade dos neutróns, permitindo que a reacción de fisión sexa sostida. Pode ser auga, grafito ou auga pesada.
- **Refrixerante:** Flúe a través do reactor para transportar a calor xerada pola fisión. Normalmente é auga, pero tamén se poden empregar outros fluídos como gas ou metais líquidos.
- **Intercambiador de calor:** Transfire a calor do refrigerante á auga para xerar vapor, que acciona a turbina e o xerador de electricidade.
- **Edificio de contención:** Estrutura de seguridade que rodea o reactor e evita a liberación de material radioactivo ao exterior en caso de accidente.

### Vantaxes e desafíos da enerxía nuclear:

- **Vantaxes:** A enerxía nuclear é altamente eficiente, e as centrais nucleares non emiten gases de efecto invernadoiro durante a súa operación, o que contribúe á loita contra o cambio climático.
- **Desafíos:** O principal problema da enerxía nuclear é a xestión dos residuos radioactivos, que permanecen perigosos durante miles de anos. Ademais, existe o risco de accidentes nucleares, como os acontecidos en Chernóbil e Fukushima, que poden ter consecuencias ambientais e humanas significativas.

**Perspectivas futuras e fusión nuclear:** A investigación na área da fusión nuclear continúa avanzando, coa esperanza de superar os retos técnicos e facer desta unha fonte viable de enerxía limpa e segura. Proxectos como o ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) están en marcha para demostrar a viabilidade da fusión como fonte de enerxía a gran escala.