

Módulo 4

Refrigeración urbana

Parte del paquete educativo SHaKE sobre sistemas de calefacción y refrigeración urbanísticos

ESTUDIOS DE CASO

Actividades basadas en casos prácticos para el análisis aplicado y el debate en el aula

Institución responsable: Universitat Jaume I de Castellón
Erasmus+ KA220-HED: Asociaciones de cooperación en la educación superior
Versión: 1.1
Fecha: mayo de 2026

<https://www.shakeproject-dhc.eu/>



Selecciona solo una sección de tu elección para realizar el trabajo (es obligatorio un estudio de caso)

1. Sistemas de refrigeración urbana y bombas de calor

Título del caso práctico: Helsinki (Finlandia) – Sistema de refrigeración de alta eficiencia (SHC) basado en agua de mar con bombas de calor

Clima: templado frío

Referencia del proyecto: Sistema de refrigeración urbana de Helen Ltd. (fuente: Energy Cities)

Tarea:

1. Estudiar la red de refrigeración urbana de Helsinki que utiliza agua de mar, bombas de calor y calor residual de centros de datos.
2. Tareas:
3. Describir cómo funciona el sistema en tres modos: refrigeración libre, funcionamiento con bomba de calor e integración del calor residual.
4. Analizar la variación estacional del rendimiento (por ejemplo, el COP del sistema en verano frente al de invierno).
5. Analizar el papel de la calefacción y refrigeración simultáneas (SHC) en la mejora de la eficiencia del sistema.
6. Calcular la reducción de emisiones de carbono utilizando los datos disponibles (alrededor de 60 000 toneladas de CO₂ evitadas al año).
7. Diseñar un diagrama esquemático simplificado del sistema.

Entrega:

Informe técnico (4-6 páginas) con el diagrama del sistema y la estimación del balance energético.

2. Tecnologías de refrigeración y sistemas de absorción

Título del caso práctico: Riad (Arabia Saudí) – Integración de un enfriador de absorción alimentado con energía solar

Clima: Cálido y árido

Referencia del proyecto: Franchini et al., «Sistemas de refrigeración urbana alimentados con energía solar en regiones áridas» (2018)

Tarea:

Analizar un proyecto de refrigeración urbana en Riad que utiliza enfriadores de absorción asistidos por energía solar.

Tareas:

1. Comparar dos tecnologías solares: colectores de canal parabólico (PTC) frente a colectores de tubos de vacío (ETC), basándose en el COP del sistema.
2. Evaluar las diferencias en el rendimiento energético (por ejemplo, un COP de 1,39 para los PTC y de 0,723 para los ETC).
3. Calcular la reducción potencial de emisiones de CO₂ en función de la fracción solar (hasta un 70 %).



4. Proponer mejoras o modificaciones para reducir la dependencia de los combustibles fósiles.
5. Sugerir estrategias de mantenimiento para entornos desérticos.

Entrega:

Informe de análisis de 4-5 páginas que incluya los flujos de energía, la contribución solar y un diagrama esquemático.

3. Refrigerantes

Título del caso práctico: Tokio (Japón) – Transición a refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (GWP) en la red de refrigeración urbana

Clima: subtropical húmedo

Base del proyecto: Transiciones reales de refrigerantes en los sistemas de refrigeración de Tokio (p. ej., la eliminación gradual del R-134a)

Tarea:

Evaluar la adaptación de un sistema de refrigeración urbana para pasar del R-134a a refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global (GWP) (por ejemplo, R-1234ze o CO₂).

Tareas:

1. Comparar los indicadores medioambientales (PGE, TEWI, LCCP) antes y después de la transición de refrigerante.
2. Identificar los retos relacionados con la seguridad, la compatibilidad de los compresores y la miscibilidad del aceite o lubricante.
3. Revisar la normativa japonesa sobre gases fluorados (F-Gas) y cómo influye en la selección de refrigerantes.
4. Analizar los riesgos asociados a los PFAS y los TFA en relación con los refrigerantes HFO.
5. Proponer alternativas adecuadas para climas tropicales con bajo impacto medioambiental.

Entregable:

Expediente técnico (máx. 5 páginas) con tablas comparativas, contexto normativo y análisis de la adaptación de sistemas existentes.

4. Integración y configuraciones de bombas de calor

Título del caso práctico: Drammen (Noruega) – Bomba de calor de amoníaco que utiliza agua del fiordo

Clima: marítimo frío

Referencia del proyecto: Bomba de calor de Drammen (Noruega) – Una de las bombas de calor de agua de mar más grandes del mundo

Tarea:

Analizar el sistema de bomba de calor de Drammen, que extrae calor del agua del fiordo a unos 8-9 °C y suministra calefacción urbana a 90 °C utilizando amoníaco (NH₃) como refrigerante.



Tareas:

1. Describir el ciclo de compresión de vapor utilizado con NH_3 y explicar la configuración del sistema.
2. Calcular las variaciones de rendimiento estacionales ($\text{COP} \approx 3$) teniendo en cuenta las temperaturas exteriores.
3. Evalúa las ventajas económicas frente a las calderas de combustibles fósiles en climas similares.
4. Analizar los riesgos y las ventajas del uso del amoníaco como refrigerante.
5. Analizar la replicabilidad de este proyecto en otras ciudades portuarias europeas.

Entregable:

Informe técnico detallado (5-6 páginas) que incluya un balance energético simplificado y una comparación de costes.

5. Almacenamiento de energía térmica y sistemas híbridos

Título del estudio de caso: Singapur – Almacenamiento de energía térmica (TES) con materiales de cambio de fase (PCM) en la red de refrigeración urbana

Clima: tropical

Referencia del proyecto: Proyecto piloto de Keppel DHCS + NUS (2024), news.nus.edu.sg

Tarea:

Estudiar la integración del almacenamiento de energía térmica basado en PCM en el sistema de refrigeración urbana de Singapur en el Changi Business Park.

Tareas:

1. Explicar cómo funcionan los depósitos de PCM y cómo se integran en los sistemas de refrigeración urbana.
2. Simular los ciclos diarios de carga y descarga y la reducción de la carga máxima.
3. Evaluar los beneficios económicos (ahorro de costes $>10\%$) y las mejoras en la fiabilidad.
4. Compara este sistema con los sistemas de almacenamiento de energía térmica (TES) de agua refrigerada y los sistemas de almacenamiento de hielo.
5. Analizar la escalabilidad y la aplicabilidad en otras regiones ecuatoriales.

Entregables:

Informe (4-5 páginas) + diagramas visuales de los ciclos del sistema de almacenamiento térmico (TES) y estimación del ahorro energético.