



# Ciudades sostenibles a partir del recurso térmico procedente de infraestructuras subterráneas

Javier Muñoz Antón [Javier.munoz.anton@upm.es](mailto:Javier.munoz.anton@upm.es)

**INDUSTRIALES**  
ETSII | UPM



SPAIN  
**NATIONAL TEAM**

**CÁTEDRA**  
DE TRANSICIÓN  
ENERGÉTICA



- Grandes ciudades
  - Elevada demanda de energía térmica → emisiones CO<sub>2</sub> → polución (tráfico, edificios, etc.)



- **Grandes ciudades**
  - Elevada demanda de energía térmica → emisiones CO<sub>2</sub> → polución (tráfico, edificios, etc.)
  - ¿Cómo mitigar este problema?
    - Mejorar la eficiencia energética de los sistemas emisores de CO<sub>2</sub>
    - Aprovechar la energía térmica residual que se produce en grandes ciudades, mediante bombas de calor si fuera necesario

- ¿Cómo mejorar la eficiencia energética?
  - Redes de Distrito para calor y frío acopladas con energías renovables
  - Ejemplo: WEDISTRICT, *Smart and local renewable Energy DISTRICT, heating and cooling solutions for sustainable living, European H2020 projects*, con 22 socios de 9 países



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI



- ¿Cómo mejorar la eficiencia energética?
  - Redes de Distrito para calor y frío acopladas con energías renovables
  - Ejemplo: WEDISTRICT, *Smart and local renewable Energy DISTRICT, heating and cooling solutions for sustainable living, European H2020 projects*, con 22 socios de 9 países
  - **Objetivo:** demostración de la viabilidad de redes de distrito sin emisiones asociadas a combustibles fósiles
  - **¿Cómo conseguirlo?** Mediante la integración óptima de múltiples fuentes de energías renovables y la gestión adecuada del exceso de calor que aparece en redes de calor nuevas o existentes
  - **Resultados:** herramienta de simulación de redes de distrito  
<https://tool.wedistrict.eu/>

- WEDISTRICT <https://www.wedistrict.eu/>

## Solar Thermal Technologies



- Parabolic Trough Collector
- Fresnel
- Tracking concentrator for fixed tilt collector

## Biomass Technologies



- Low emission biomass boiler
- With additional Bag Filter DeNOx Technology



## PV-Geothermal System



- Hybrid solar geothermal district heating system



## Cooling from Renewable Energy Sources



- Renewable air cooling unit (RACU)
- Advanced absorption chiller

## Data Center Waste Heat Recovery



- Recovery of waste heat with fuel cells



## Molten Salt Thermal Energy Storage



## Advanced Digitalisation

- **Energía residual: ¿dónde?**
  - Las infraestructuras subterráneas de las grandes ciudades presentan una importante generación de energía térmica, sin ser éste su objetivo
  - Esta energía residual se recoge en los propios túneles, mediante aire y agua: ya gestionado por ventiladores y sistemas de evacuación de agua
- **¿Qué hacer con la energía residual?**
  - Acoplamiento con una red de Distrito, con la ayuda de una bomba de calor que adecúe su temperatura
- **El caso de Madrid**
  - Las principales infraestructuras están muy distribuidas
    - Metro de Madrid – suburbano



- **Energía residual: ¿dónde?**
  - Las infraestructuras subterráneas de las grandes ciudades presentan una importante generación de energía térmica, sin ser éste su objetivo
  - Esta energía residual se recoge en los propios túneles, mediante aire y agua: ya gestionado por ventiladores y sistemas de evacuación de agua
- **¿Qué hacer con la energía residual?**
  - Acoplamiento con una red de Distrito, con la ayuda de una bomba de calor que adecúe su temperatura
- **El caso de Madrid**
  - Las principales infraestructuras están muy distribuidas
    - Metro de Madrid – suburbano
    - Madrid Calle 30 – túneles



- **Energía residual: ¿dónde?**
  - Las infraestructuras subterráneas de las grandes ciudades presentan una importante generación de energía térmica, sin ser éste su objetivo
  - Esta energía residual se recoge en los propios túneles, mediante aire y agua: ya gestionado por ventiladores y sistemas de evacuación de agua
- **¿Qué hacer con la energía residual?**
  - Acoplamiento con una red de Distrito, con la ayuda de una bomba de calor que adecúe su temperatura
- **El caso de Madrid**
  - Las principales infraestructuras están muy distribuidas
    - Metro de Madrid – suburbano
    - Madrid Calle 30 – túneles
    - Canal de Isabel II – gestor agua de la ciudad

- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
- **Metro de Madrid**
  - Metro de Madrid necesita refrigeración todo el año → Producción de agua caliente sanitaria (ACS)
  - Se han llevado a cabo multitud de estudios considerando como fuente de energía el aire de ventilación de los túneles
    - Estación de Sol → una producción de ACS de hasta 7000 personas



- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
- **Metro de Madrid**
  - Metro de Madrid necesita refrigeración todo el año → Producción de agua caliente sanitaria (ACS)
  - Se han llevado a cabo multitud de estudios considerando como fuente de energía el aire de ventilación de los túneles
    - Estación de Sol → una producción de ACS de hasta 7000 personas
    - Estación de Sevilla → una producción de ACS de hasta 1000 personas



- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
- **Metro de Madrid**
  - Metro de Madrid necesita refrigeración todo el año → Producción de agua caliente sanitaria (ACS)
  - Se han llevado a cabo multitud de estudios considerando como fuente de energía el aire de ventilación de los túneles
    - Estación de Sol → una producción de ACS de hasta 7000 personas
    - Estación de Sevilla → una producción de ACS de hasta 1000 personas

- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes

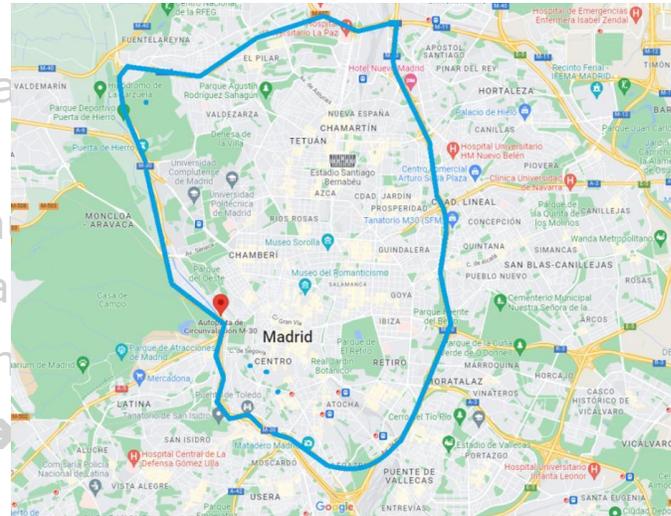
- Metro de Madrid

- Metro de Madrid necesita producción de agua caliente sanitaria (ACS)
- Se han llevado a cabo m como fuente de energía el aire de ventilación

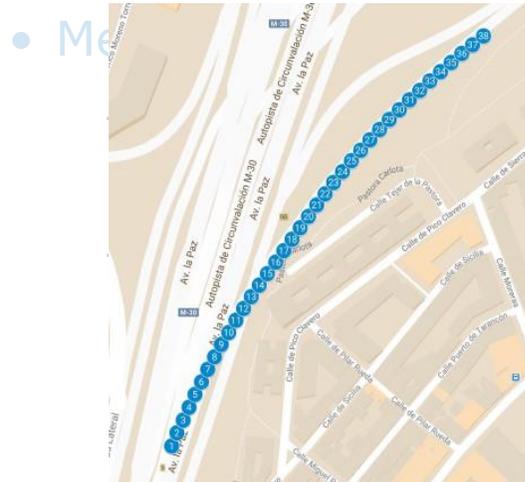
- Estación de Sol → un 7000 personas
- Estación de Sevilla → hasta 1000 personas

- Madrid Calle 30

- La operación normal produce calor todo el año, pero en este caso la infraestructura se puede usar para producir calor o refrigeración
- Aire: tiene baja variación térmica todo el año



- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes



- **Madrid Calle 30**

- La operación normal produce calor todo el año, pero en este caso la infraestructura se puede usar para producir calor o refrigeración
- Aire: tiene baja variación térmica todo el año

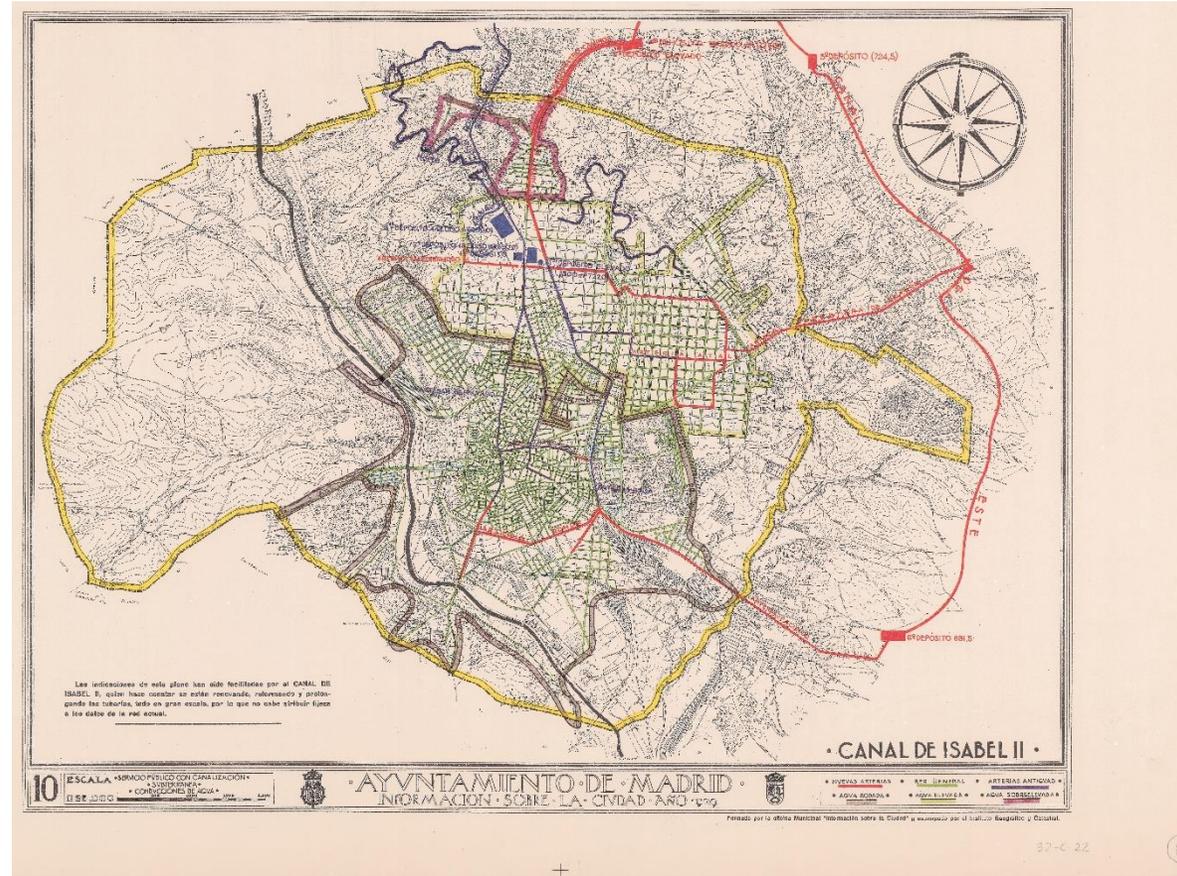
- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
  - Metro de Madrid
  - Madrid Calle 30
- Recogen una gran cantidad de agua:
- Temperatura mínima 8°C (invierno)
  - Temperatura máxima 18°C (verano)

- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
- Metro de Madrid
- Madrid Calle 30
  - Mapa del potencial energético de los túneles de MC30

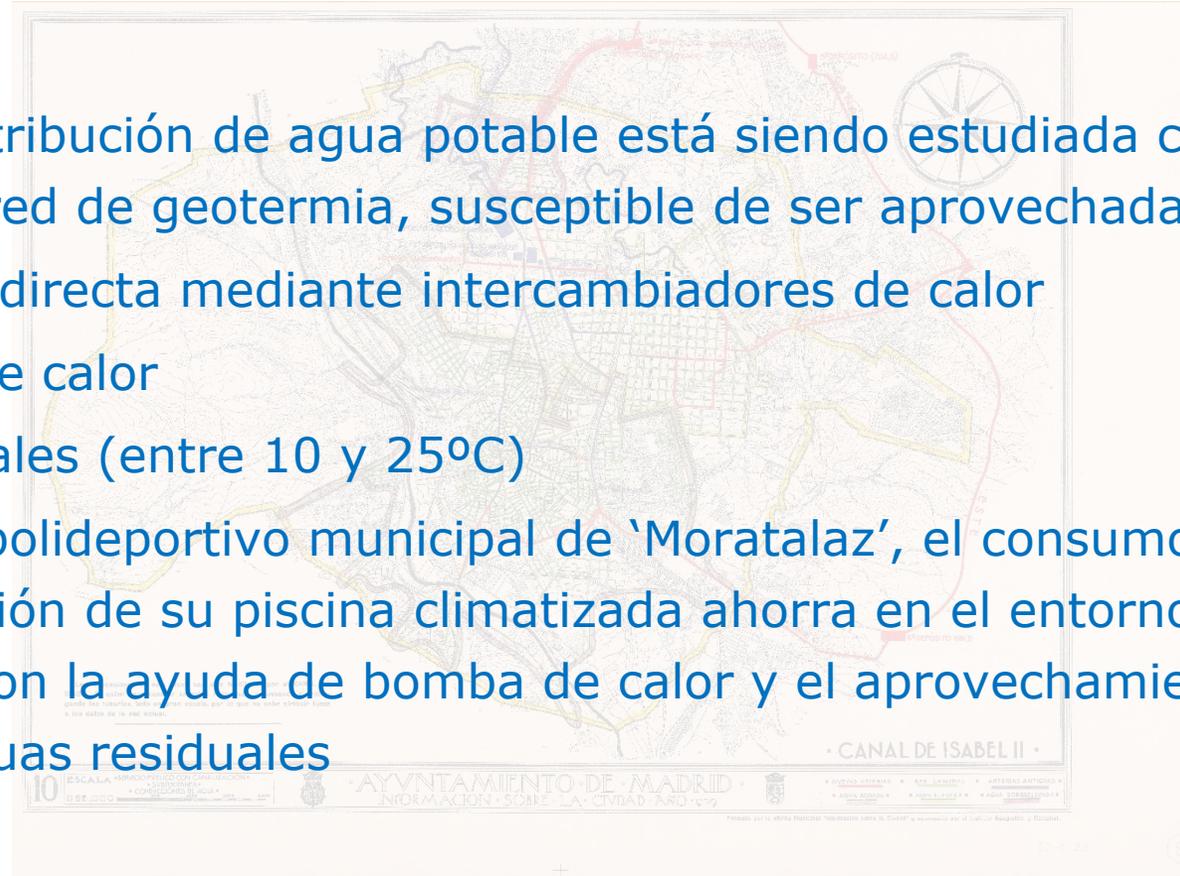




- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
- Canal Isabel II



- Las Redes de Distrito son susceptibles de acoplamiento con fuentes de energía distribuidas por sus características inherentes
- Canal Isabel II
  - La red de distribución de agua potable está siendo estudiada como una enorme red de geotermia, susceptible de ser aprovechada
    - De forma directa mediante intercambiadores de calor
    - Bombas de calor
  - Aguas residuales (entre 10 y 25°C)
    - Caso del polideportivo municipal de 'Moratalaz', el consumo de climatización de su piscina climatizada ahorra en el entorno de un 40% con la ayuda de bomba de calor y el aprovechamiento de sus aguas residuales



*Gracias por su atención*



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

Más información en:  
<https://www.madridsubterra.es>



**Scan me!**

Javier Muñoz Antón [javier.munoz.anton@upm.es](mailto:javier.munoz.anton@upm.es)