

## MADRID SUBTERRA, UN PROYECTO URBANO DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

¿CUÁLES SON LOS COMPROMISOS DE LAS CIUDADES CON EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA? ¿CÓMO PUEDEN LAS CIUDADES COLABORAR A LA MEJORA DEL MEDIOAMBIENTE GLOBAL? EN ESTE ARTÍCULO, LA ASOCIACIÓN MADRID SUBTERRA, DEDICADA A LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS ENERGÍAS PROCEDENTES DEL SUBSUELO URBANO, ANALIZA LOS COMPROMISOS DE LAS CIUDADES CON EL DESARROLLO EFICIENTE DE NUESTROS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA, EXPONE ALGUNAS ALTERNATIVAS AL CONSUMO DE COMBUSTIBLES TRADICIONALES Y NOS INVITA A EXPLORAR EL ENORME POTENCIAL ENERGÉTICO QUE ENCIERRAN GRANDES NÚCLEOS URBANOS COMO MADRID.

Según los últimos datos ofrecidos por Naciones Unidas, en torno al 55% de la población mundial vive en ciudades. Eso significa que el 70% de los gases de efecto invernadero (GEI) que se producen en el planeta se generan en las grandes urbes y éstas representan alrededor de un 70% del consumo global de energía. Por eso, muchos organismos han alertado sobre la necesidad de revertir esta situación e incluso han asignado a las ciudades unos compromisos ambientales reales y un papel protagonista en la lucha contra el cambio climático.

Parte de esos compromisos fueron expresados en la Nueva Agenda Urbana, adoptada en la Tercera Conferencia de Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, Hábitat III, que se celebró en octubre de 2016 en Quito, Ecuador. En esta nueva hoja de ruta las ciudades asumen unos objetivos reales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, durante los próximos 20 años. Recordemos cuáles son algunas de esas obligaciones de las ciudades:

- Adoptar un enfoque sobre ciudades inteligentes, en el que se aprovechen energías y tecnologías no contaminantes.
- Apoyar la prestación local de bienes y servicios básicos y aprovechar la proximidad de los recursos (energía, agua, alimentos y materiales).
- Alentar modos de construcción sostenibles, edificios eficaces desde el punto de vista energético y fuentes de energía renovables.

Pero además de estos compromisos internacionales, las ciudades también tienen la obligación de mantener un suministro de energía fiable y seguro, sin olvidar, eso sí, la incuestionable necesidad de reducir las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía.

La asociación Madrid Subterra nace del convencimiento de la necesidad de este cambio de rol en el comportamiento de las ciudades, y pone el foco en una fuente que, hasta la fecha, no se contemplaba en el panorama energético: las energías del subsuelo.

Cuando hablamos de energías del subsuelo nos referimos a aquellas que proceden directamente de recursos naturales –geotermia- y/o a las que proceden de infraestructuras subterráneas –redes de distribución y saneamiento de agua, redes subterráneas de transporte, aparcamientos, sótanos, galerías de servicios, etc. En estas infraestructuras podemos aprovechar no solo la energía térmica del terreno inherente a la profundidad a la que se encuentran, sino también las energías residuales procedentes de los procesos y los usos de las mis-



Estación de Príncipe Pío de la red de metro de Madrid. Foto: José María Vázquez | Príncipe Pío station on the Madrid Metro network. Photo: José María Vázquez

## MADRID SUBTERRA, AN URBAN ENERGY SUSTAINABILITY PROJECT

WHAT ARE CITIES' COMMITMENTS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENERGY EFFICIENCY? HOW CAN CITIES COLLABORATE TO IMPROVE THE GLOBAL ENVIRONMENT? THIS ARTICLE FROM THE MADRID SUBTERRA ASSOCIATION, AN ORGANISATION DEDICATED TO THE EXPLORATION AND EXPLOITATION OF ENERGY ORIGINATING FROM THE URBAN SUBSOIL, ANALYSES THE COMMITMENT OF CITIES TO THE EFFICIENT DEVELOPMENT OF OUR ENERGY SUPPLY SYSTEMS. IT SETS OUT SOME ALTERNATIVES TO THE CONSUMPTION OF TRADITIONAL FUELS AND INVITES US TO EXPLORE THE HUGE ENERGY POTENTIAL HIDDEN BENEATH LARGE URBAN CENTRES SUCH AS MADRID.

According to the latest figures provided by the United Nations, some 55% of the world's population lives in cities. This means that 70% of the earth's greenhouse gases (GHG) are generated by large conurbations and these account for around 70% of the world's energy consumption. Many organisms have warned about the need to reverse this situation, setting cities real environmental commitments as well as giving them a leading role in the fight against climate change.

Some of these commitments were set out in the New Urban Agenda adopted at Habitat III, the Third UN Conference on Housing and Sustainable Urban Development that took place in Quito, Ecuador in October 2016. In this new roadmap, cities undertake real objectives for the next 20 years to eradicate poverty, to protect the planet and to guarantee prosperity for all. Here is a reminder of some of these obligations:

- Adopting an approach towards Smart Cities that makes the most of non-pollutant energies and technologies.
- Supporting the local supply of goods and basic services and making use of the proximity of resources (energy, water, food and materials).
- Promoting green construction methods, energy efficient buildings and renewable energy sources.

In addition to these international commitments, cities are also required to maintain a reliable and secure energy supply, while complying with the unquestionable need to reduce GHG emissions associated with energy consumption.

The Madrid Subterra association arose from the conviction that a profound shift in the behaviour of cities is necessary and focuses on a source that hitherto has not formed part of the energy scenario: underground energies.

Underground energies are those that come proceed directly from natural resources – geothermals - and/or those that originate from underground infrastructures such as water treatment and distribution networks, underground transport networks, underground car parks, basements, service galleries and so on. In such infrastructures not only is it possible to make use of the thermal energy of the ground inherent to the

mas y que suponen una cantidad muy notable de energía.

En la ciudad de Madrid las referencias en este campo son escasas y relativamente recientes. Los primeros proyectos de aprovechamiento de la energía geotérmica datan de 2009, y aunque han crecido de forma significativa, en términos relativos todavía representan un porcentaje muy reducido en la producción de energía total.

Según los últimos datos incluidos en el Balance Energético de la ciudad de Madrid de 2014 – último publicado-, la capital tiene un consumo energético de 3.215 ktep al año, de los que el 55%, 1.787 ktep, están destinados al sector residencial/comercial/institucional. Nos referimos a este sector ya que es el principal beneficiario del uso de las energías del subsuelo, por su bajo contenido energético. Pues bien, de estos 1.787 ktep, solo 0,26 ktep provienen de la explotación geotérmica.

La exploración y explotación de nuevos yacimientos energéticos podría ayudar a elevar sustancialmente esa cifra y, a la vez, contribuir a mejorar la eficiencia energética, reducir la dependencia de fuentes energéticas del exterior y minimizar las emisiones de GEI. Como ya se está haciendo en países europeos como Francia, Alemania, Italia, Dinamarca, Austria, Suiza, Suecia, Finlandia y en otros como EE.UU., Canadá, Japón, donde el uso de las energías del subsuelo es mucho más generalizado.

### Proyectos que utilizan las energías del subsuelo

En varias ciudades de EE.UU. y Canadá como Portland, Nueva York o Halifax se han instalado turbinas en las conducciones de agua –tanto en redes de consumo, como residuales y procedentes de industrias-, con el objetivo de aprovechar el exceso de presión para producir electricidad que, o bien puede consumirse en las propias instalaciones, o bien verterse a la red de suministro. Las potencias de las turbinas están en el rango de 20 a 350 kW.

Destacamos, por su importancia, la mayor bomba de calor del mundo, instalada en el parque Katri Vala de Helsinki y que proporciona calor y frío a la red urbana de climatización utilizando, entre otras fuentes, la energía térmica de las aguas residuales.

O la línea U2 del metro de Viena, donde se han termoactivado las losas de cimentación y los muros pantalla del suburbano, para aprovechar las temperaturas del suelo a profundidad y satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración en cuatro estaciones de la línea. Esta instalación tiene una potencia global de calefacción de 449 kW y 213 kW de refrigeración.

En el caso de la ciudad de Madrid, mencionaremos un par de proyectos demostrativos, ambos relacionados con el aprovechamiento energético de las aguas residuales.

El primero es el proyecto de aprovechamiento de la energía térmica de las aguas residuales para climatización de la piscina, calefacción de la instalación y producción de agua caliente sanitaria, en el poli-deportivo de Moratalaz, actualmente en fase de redacción.

En este equipamiento deportivo se aprovecha el paso de un colector cercano de aguas residuales para extraer el calor de dichas aguas, que están a una temperatura media de 15 °C, con un caudal medio de 180 m<sup>3</sup>/h. Esta energía térmica se extrae a través de un intercambiador situado en la parte inferior del colector, consiguiendo un salto térmico de 5 °C en el agua que circula por su interior. Esta



Katri Vala, mayor planta del mundo de bomba de calor para producir calefacción y refrigeración. Foto cortesía Helen Oy | Katri Vala, the largest heat pump plant in the world to produce heat and cooling. Photo courtesy of Helen Oy

depth at which it is found, but also the residual energy originating from the processes and uses of the infrastructures themselves which represents a very considerable quantity of energy.

The city of Madrid has few and relatively recent references in this field. The first projects that make use of geothermal energy date back to 2009, and despite

having grown considerably, they still represent a very low percentage of total energy production in relative terms.

According to the latest figures included in the 2014 Madrid Energy Balance - the last to be published -, the Spanish capital has an energy consumption of 3,215 ktoe per year, of which 55% or 1,787 ktoe, are destined for the residential/commercial/institutional sector. This sector is the main beneficiary of the use of underground energies, due to their low energy content, as of these 1,787 ktoe, only 0.26 ktoe come from geothermal exploitation.

The exploration and exploitation of new energy sources could substantially increase this figure while helping improve energy efficiency, reducing dependence on external energy sources and minimising GHG emissions. This is already taking place in European countries such as France, Germany, Italy, Denmark, Austria, Sweden, Finland and elsewhere such as the USA, Canada and Japan, where the use of underground energies is far more widespread.

### Projects that use underground energies

Several cities in the USA and Canada, such as Portland, New York and Halifax, have installed turbines in their water conduits - in both wastewater and industrial networks -, in order to use excess pressure to produce energy that can either be consumed by the installations themselves or injected back into the power grid. These turbine outputs range from 20 to 350 kW.

The most significant project involves the largest heat pump in the world, installed in the Katri Vala park in Helsinki, which provides heating and cooling to the district heating network using, among other sources, thermal energy from wastewater.

Then there is Vienna underground's line U2, where the foundation slabs and diaphragm walls of the underground railway have been heat-activated to make use of the deep ground temperatures. This energy covers the heating and cooling demands of four stations on the line. The installation has a total heating output of 449 kW with 213 kW of cooling.

Madrid offers a couple of representative projects, both of which relate to the energy use of wastewater.

The first project, currently in design phase, aims to use the thermal energy from wastewater to heat the swimming pool, heat the premises and produce domestic hot water for the Moratalaz sports centre.

The flow of wastewater through a collector near this sports facility will be used to extract heat at an average temperature of 15°C, with an average flow of 180 m<sup>3</sup>/h. The thermal energy is extracted by means of an exchanger situated in the lower part of the collector, achieving a thermal step of 5°C in the water circulating inside. This

energía extraída se aprovecharía en el punto de consumo, a través de la instalación de una bomba de calor con una potencia de 275 kW que evitaría en gran medida la puesta en funcionamiento de las calderas de gasóleo (información del Ayuntamiento de Madrid).

Algunas estimaciones realizadas por expertos consideran que las aguas residuales producidas por 100 personas permiten proporcionar calefacción a 10 habitantes. Extrapolando esta cifra a la ciudad de Madrid, podríamos decir que existe un potencial de generación de energía para la calefacción de 125.000 hogares.

El segundo proyecto es el de aprovechamiento de la energía mecánica de las aguas residuales para generación de electricidad que se realiza en la salida de la EDAR Sur, infraestructura que da servicio a los distritos de Vicálvaro, Puente de Vallecas y Villa de Vallecas. En esta estación depuradora, se han colocado dos turbinas para el aprovechamiento del salto existente -3,2 m- antes del vertido al río Manzanares. Con un caudal de diseño de 3,5 m<sup>3</sup>/s, cada turbina tiene una potencia de 85 kW, y la electricidad generada se utiliza para el consumo propio de la planta.

Nos referimos, por último, al importantísimo potencial energético de una infraestructura como la de Metro de Madrid, que con su extenso trazado de túneles es un enorme intercambiador geotérmico en potencia.

Las estimaciones realizadas en 2007 por una de las empresas socias de Madrid Subterra, Eneres, son muy reveladoras. Se calcula que, en caso de termoactivar las superficies de los túneles de la red de metro, obtendríamos una energía anual de 1.638.000 MWh. Si a esto le añadimos la posibilidad de recuperar un porcentaje razonable de la energía que se disipa en las operaciones habituales -fundamentalmente en la tracción y la frenada de los trenes-, podríamos obtener un total de 2.409.000 MWh anuales, lo que supone un 12% del consumo energético del sector residencial/comercial/institucional de la ciudad de Madrid.

De la misma manera, en la ciudad existen otras infraestructuras subterráneas -Madrid Calle 30, las líneas de tren y/o las redes subterráneas de distribución de agua- susceptibles de ser utilizadas como fuente de producción de energía.

En definitiva, bajo nuestros pies existe un enorme potencial energético, cuya explotación es técnica y económicamente viable. Sabemos que los rendimientos de las instalaciones geotérmicas pueden alcanzar entre un 200% y un 400%, y que los ahorros de energía respecto a instalaciones clásicas oscilan entre un 30% y un 70%, en calefacción, y entre un 20% y un 50%, en refrigeración. Y, además, estamos desaprovechando las energías residuales procedentes de infraestructuras urbanas que, en muchos casos, podrían reducir la dependencia energética de fuentes externas. El futuro nos habla de un crecimiento continuo de las ciudades y, con ello, una posible expansión de las infraestructuras. Utilizar estas instalaciones, infraestructuras y servicios como fuentes de energía fiable y limpia puede colaborar a un desarrollo urbano menos agresivo y más sostenible.

Madrid Subterra trabaja cada día para eliminar las barreras que impiden el desarrollo y aprovechamiento de estas fuentes de energía subterránea, en el convencimiento de que existe un importante terreno para la investigación, el emprendimiento, la inversión y, por tanto, la creación de empleo. Por eso no cesa en su labor de divulgación y concienciación de las partes implicadas -administración, mundo académico, empresas y ciudadanos- y en el fomento y desarrollo de las acciones que le acerquen a su fin.

Aprovechamiento de la energía mecánica de las aguas residuales para generación de electricidad en la EDAR Sur (Madrid) | *Using the mechanical energy of wastewater to generate electricity at Sur WWTP (Madrid).*



extracted energy will be used at the point of consumption, by installing a heat pump with an output of 275 kW, largely avoiding the need to fire up the centre's diesel boilers (information from the Madrid City Hall).

Some estimates made by experts believe that the wastewater produced by 100 people could provide heating to 10 residents. Extrapolating this figure to the city of Madrid, there is sufficient energy generation potential to heat 125,000 homes.

The second project makes use of the mechanical energy of wastewater to generate electricity at the Sur WWTP (Madrid), a facility that covers the districts

of Vicálvaro, Puente de Vallecas and Villa de Vallecas. Two turbines have been installed in this wastewater treatment plant to make use of the existing 3.2 metre step before its discharge into the Manzanares river. With a design flow of 3.5 m<sup>3</sup>/s, each turbine has an output of 85 kW. The plant uses the power generated for its own consumption.

Lastly, a very considerable energy potential exists in an infrastructure such as the Madrid Metro that, with its extensive network of tunnels, is a huge exchanger of geothermal power.

Estimates made in 2007 by one of Madrid Subterra's partners, Eneres, are very revealing. It was calculated that if the surfaces of the tunnels of the Madrid Metro network were heat activated, an annual energy of 1,638,000 MWh would be obtained. By adding the possibility of recovering a reasonable percentage of the energy dissipated in daily operations - mainly from the traction and braking of the trains -, a total 2,409,000 MWh per year would be obtained, representing 12% of the energy consumption of Madrid's residential/commercial/institutional sector.

Other underground infrastructures also exist in the city such as Madrid Calle 30, railway lines and/or the underground water distribution networks, all of which could be used as an energy production source.

In short, a huge energy potential lies under our feet whose exploitation is economically and technically viable. The efficiency of geothermal installations has been proven to achieve between 200% and 400% and energy savings, compared to classic installations, vary between 30% and 70% in heating, and between 20% and 50% in cooling. Furthermore, the residual energy originating from urban infrastructures is not being exploited, which, in many cases, could reduce energy dependence on external sources.

Our cities will continue to grow in the future and with it, a possible expansion of such infrastructures. Using these installations, infrastructures and services as sources of clean and reliable energy can help achieve a less aggressive and more sustainable urban development.

Madrid Subterra is working daily to eliminate the barriers hindering the development and use of these underground energy sources, sure in the knowledge that this represents a key area for research, entrepreneurship, investment and, as such, the creation of employment. This is why it resolutely continues its dissemination and awareness work between every party involved - administration, academia, business and residents - as well as promoting and developing actions that bring it closer to fulfilling its goal.