

► almacenamiento de frío y calor en acuíferos ◀

Almacenamiento de energía térmica en acuíferos para una climatización eficiente y sostenible

► Marcel Hendriks & Diego Toimil
IFTec GeoEnergía S.L.

El almacenamiento subterráneo de energía térmica en acuíferos (ASET-A, o ATES por sus siglas en inglés) es una técnica que se aplica para llegar a una climatización (refrigeración y calefacción) eficiente y sostenible de edificios, invernaderos y procesos industriales. Desde hace años se utiliza de forma creciente en varios países de Europa y América del Norte. En los Países Bajos, país líder en la aplicación de ASET-A, ya se encuentran 1.000 sistemas en operación. La mayoría de estos sistemas presentan una potencia en el rango de 750 – 2.000 kWt.

Suministro y almacenamiento de energía

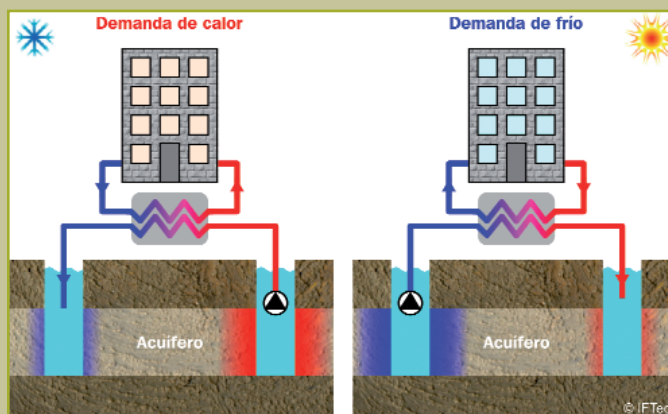
En la tecnología ASET-A se combinan tecnologías existentes de sectores diferentes: tecnología de pozos (sector del suministro de agua) y tecnología de instalaciones (sector de la construcción, el sector industrial y el sector de invernaderos). La realización de un buen sistema energético basado en ASET-A supone otra manera de plantear soluciones en lo referente a las instalaciones. Así, en el caso de ASET-A, el sistema de climatización se usa no sólo para proporcionar confort sino también para generar energía térmica (frío/calor) para almacenarla para un uso posterior. En un sistema convencional se obtiene la energía de la red eléctrica y/o de la red de gas natural. En el caso

de ASET-A el suministro de calor genera adicionalmente frío y viceversa. Por eso, no sólo es importante que se cumpla la demanda de confort en cada mo-

mento sino que es igualmente importante almacenar energía para garantizar el confort que se requiera en otra estación del año.

Sistema ASET-A

Con un sistema ASET-A (Almacenamiento Subterráneo de Energía Térmica en Acuíferos) se realiza un almacenamiento estacional de frío y calor en un acuífero. Es un sistema de bucle abierto en el que se invierten los pozos de extracción e inyección estacionalmente para crear un pozo frío y un pozo caliente. El principio de funcionamiento se muestra esquemáticamente en la figura inferior. En verano, se extrae agua del pozo frío usándola para refrigerar el edificio. El calor del edificio aumenta la temperatura del agua que es inyectada en el pozo caliente. En invierno, el proceso se invierte. El agua es bombeada desde el pozo caliente y proporciona una fuente de calor, por ejemplo para bombas de calor. Las bombas de calor suministran total o parcialmente la necesidad de calefacción y, como consecuencia, la temperatura del agua subterránea desciende. El agua enfriada es reinyectada en el subsuelo a través del pozo frío.



Un sistema ASET-A no consume agua subterránea ni desecha el agua del acuífero. Toda el agua extraída desde un pozo es reinyectada en el otro. Esto significa que la extracción neta de agua subterránea es cero, minimizando así el impacto ambiental.

Rendimiento del almacenamiento

ASET-A ofrece la posibilidad de almacenar frío y calor a baja temperatura (hasta unos 25 °C) durante una temporada con un rendimiento del 70 al 90%. Si se almacena calor a alta temperatura el rendimiento de almacenamiento baja a medida que sube la temperatura. El almacenamiento de calor a altas temperaturas es menos habitual aunque se han realizado algunos sistemas con temperaturas de almacenamiento de 90 °C. Con estas temperaturas se puede lograr un rendimiento en el rango de 50 - 70%.

Para conseguir el rendimiento mencionado se han de cumplir dos condiciones: el acuífero ha de posibilitar el almacenamiento de energía térmica y el proyecto ha de ser de un tamaño suficiente, como se indica a continuación. En el caso de almacenamiento para refrigeración y calefacción se obtiene un rendimiento energético favorable a partir de una capacidad del sistema ASET-A de unos 300 kWt, no obstante, la viabilidad económica del proyecto aumenta cuando la carga de refrigeración es mayor a 500 kWt.

Requisitos del acuífero

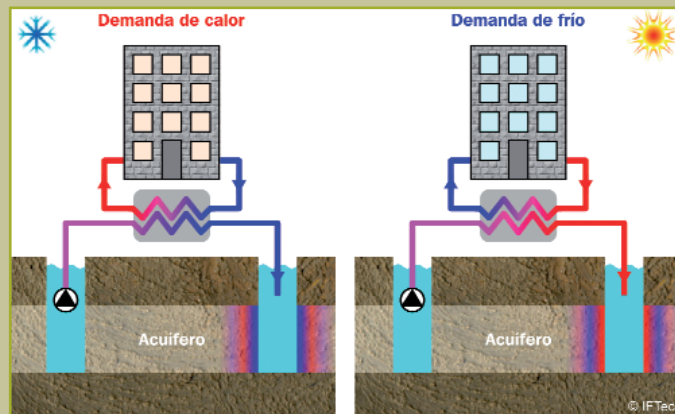
En general, una aplicación de ASET-A requiere caudales de pozo relativamente altos (> 30 m³/h), por lo que esta aplicación depende fuertemente de las condiciones hidrogeológicas del emplazamiento. El acuífero puede estar formado por una capa de arena/gravas (material detrítico), pero también por una capa de arenisca o caliza. Para el almacenamiento de frío y calor a baja temperatura la capa debe tener un grosor mínimo (> 10 metros) y una velocidad del flujo del agua subterránea natural moderada. En el caso de una velocidad alta será mejor aplicar un sistema abierto de recirculación en combinación con una bomba de calor (ver explicación adjunta).

Refrigeración directa

La dirección del flujo variable entre los pozos de un sistema ASET-A crea, alrededor de los mismos, un almacenamiento de energía térmica y, además, aumenta el salto térmico entre el pozo frío y el

Sistema abierto de recirculación

Un sistema abierto con recirculación realiza un intercambio de energía térmica con un acuífero. La principal diferencia con un sistema ASET-A es que en el caso de recirculación no se produce almacenamiento térmico estacional sino que se usa la temperatura natural del acuífero, es decir, los pozos de extracción e inyección son siempre los mismos. El principio bajo el que trabaja este tipo de sistemas se muestra esquemáticamente en la figura inferior. La circulación del agua siempre es del pozo de extracción al pozo de inyección, tanto en modo calefacción como en modo refrigeración.



pozo caliente. Gracias a este aumento del salto térmico se pueden aportar importantes cargas térmicas (kWt) con caudales relativamente moderados. Por otra parte, la baja temperatura del pozo frío permite cubrir en modo directo parte de la demanda de frío. Hay que señalar, que los sistemas de climatización que trabajan con temperaturas moderadas y grandes diferencias entre las temperaturas de suministro y de retorno favorecen la eficiencia energética del conjunto y aumentan la posibilidad de refrigeración directa.

Viabilidad, diseño e integración de un sistema ASET-A

Existen diferentes formas de aplicar ASET-A para una climatización eficiente y sostenible. Por ello, es importante en una fase preliminar del proyecto realizar un Estudio de Viabilidad Técnica/Económica

que permita evaluar la forma más idónea de la aplicación ASET-A. Un aspecto importante para este estudio son los datos hidrogeológicos del emplazamiento, además de disponer de datos energéticos (cargas picos (kW), demandas anuales (kWh), temperaturas de suministro y retorno del sistema de climatización). Existe mucha información hidrogeológica dispersa (IGME, Confederaciones Hidrográficas, etc.) disponible para acometer el Estudio de Viabilidad, con costes reducidos.

En la mayoría de los proyectos se aplican ASET-A para cubrir la demanda base de frío y calor. Son sistemas de climatización híbridos/bivalentes en los que se dimensiona el sistema (número de pozos) para cubrir durante muchas horas de funcionamiento un determinado porcentaje de la carga pico. Para cubrir las cargas restantes en los momentos de carga pico se emplean sistemas convencionales (calderas y enfriadores). La figura 1 muestra un concepto energético basado en un sistema bivalente como el expuesto.

Durante la temporada de calefacción (esquema izquierdo) se bombea el agua subterránea desde el pozo caliente hacia

Ecuación:

$$P_t = q * \Delta T * 1,16$$

P_t = potencia térmica (kWt)

q = caudal del pozo (m³/h)

ΔT = salto térmico (K)

1,16 = constante para agua

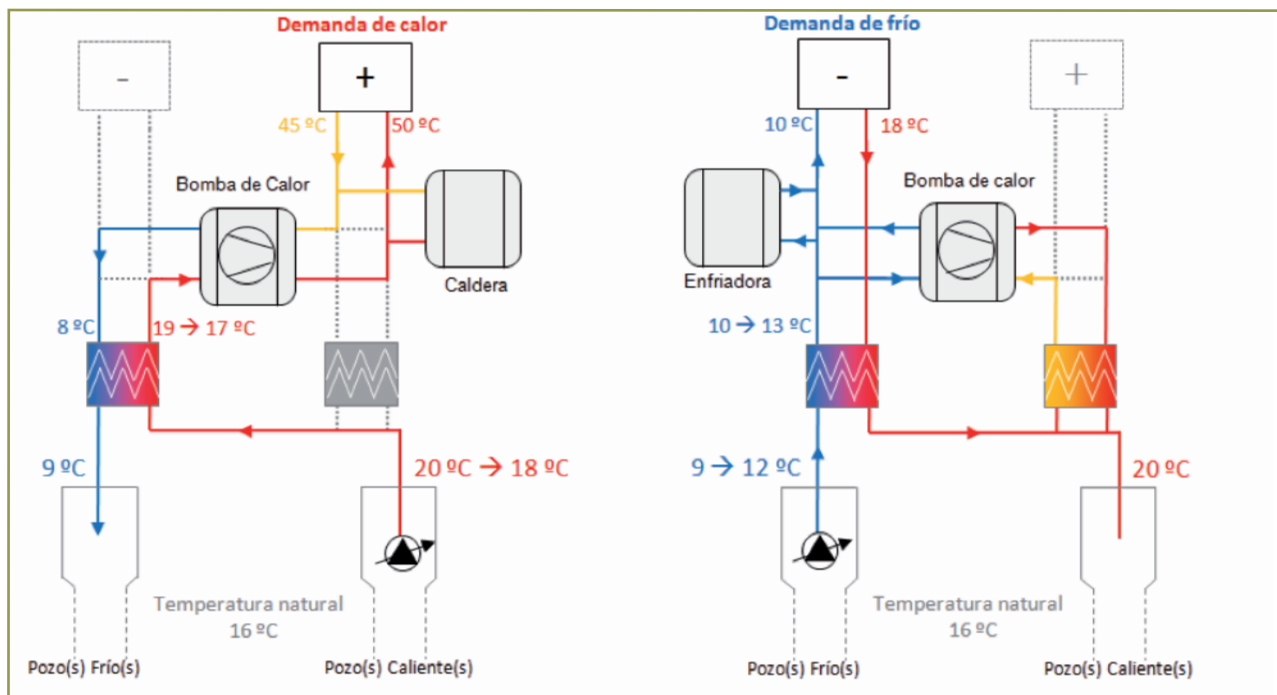


Figura 1. Ejemplo de un concepto energético basado en un sistema de climatización bivalente.

Sistema	COP / EER aproximado
Enfriadora convencional	2 - 4
Bomba de calor geotérmica funcionando como enfriadora	5 - 6
Refrigeración directa con ASET-A	20 - 40

el uso de la tecnología ASET-A está todavía sin explotar, situación que contrasta con el gran desarrollo de esta modalidad en otros países europeos. Es indudable que España posee una alta potencialidad para el uso de esta tecnología en donde se usa el subsuelo como un potente acumulador energético.

el pozo frío. En el caso del ejemplo, disminuye la temperatura de extracción durante el invierno de 20 °C a 18 °C. El sistema ASET-A suministra con la bomba de calor la base de la demanda de calor. Para la carga restante hasta alcanzar la carga pico se emplea una caldera.

cambiador de calor de placas. El sistema ASET-A aporta con la bomba de calor la base de la demanda de frío. Para la carga restante hasta alcanzar la carga pico, se emplean una enfriadora convencional.

En nuestra opinión, corresponde a la Administración y gobiernos locales el apoyo decidido para introducir esta nueva concepción energética que, en los casos que sea viable, repercute en instalaciones más eficientes, medioambientalmente sostenibles y económicamente rentables.

En el modo de refrigeración el flujo en el sistema subterráneo se mueve desde el pozo frío hacia el pozo caliente. En el ejemplo (esquema a la derecha) se observa un aumento de la temperatura del pozo frío durante la temporada de refrigeración de 9 °C a 12°C. Mientras la temperatura del pozo frío sea menor que la temperatura de retorno (18 °C) el sistema aporta refrigeración en modo directo a través del intercambiador de calor de placas. Para ajustar y garantizar la temperatura de suministro (10 °C) se emplea la bomba de calor en modo inverso (refrigeración activa) que disipa el calor del condensador al sistema subterráneo mediante un segundo inter-

Como se puede ver en la tabla adjunta, mediante el sistema ASET-A se obtienen altas eficiencias energéticas en comparación con otras alternativas.

Posibilidades en España

Actualmente, hay en España mucho interés por promover el uso de energías alternativas, entre las cuales la geología ocupa un lugar importante. Por los conocimientos hidrogeológicos con los se cuenta en la actualidad, sabemos que hay zonas de la geografía española con escasa o nula potencialidad para el uso de los acuíferos pero, por el contrario, existen otras con importantes potencialidades para su uso. En este contexto,

Una vía que permitiría un desarrollo rápido para la introducción de esta tecnología sería, entre otras, que las respectivas Administraciones realizaran estudios de viabilidad para el uso de esta tecnología con anterioridad a la publicación de los pliegos para concursos de proyectos de su responsabilidad (hospitales, universidades, parques tecnológicos, auditorios, edificios públicos, viviendas sociales, etc.). Además, es también necesario adecuar la legislación, acorde con la de otros países, que permita utilizar acuíferos para el ASET-A sin que su uso provoque impactos negativos medioambientales. ✕