

# La tierra como acondicionador térmico de viviendas

**A**proximadamente el 34% de la energía consumida en la Argentina se usa en edificios. De esa fracción, más de la mitad corresponde a acondicionamiento de aire, calefacción y refrigeración. Es decir, cerca del 20% del consumo de energía del país se destina al acondicionamiento térmico de interiores.

Por su lado, la Tierra se comporta como un gran colector y almacenador de energía, debido a su capacidad de absorber calor y su baja conductividad térmica. Por esto último, la penetración del calor en el suelo es lenta, y también lento su enfriamiento. Es así como las cavernas parecen frescas en verano y cálidas en invierno, pues la temperatura en su interior se mantiene relativamente estable cerca de la media anual.

Las propiedades térmicas del suelo se han usado por

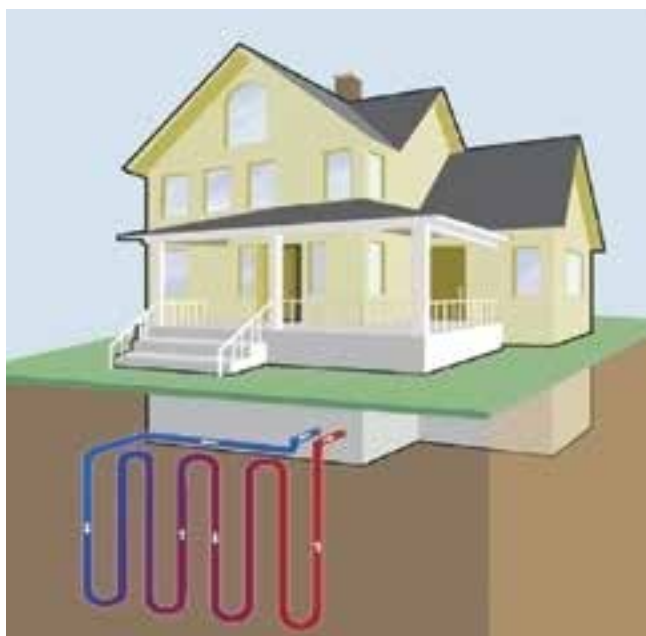
siglos en viviendas y depósitos de alimentos subterráneos. Nuestros antepasados sobrevivieron varios períodos de glaciaciones utilizando cavernas como refugios.

Las variaciones diarias de la temperatura del aire inciden en una capa superficial del suelo de unos 0,5m de espesor, por debajo de la cual su influencia desaparece y la temperatura es prácticamente constante todo el año con valores cercanos a la media anual en la superficie. En la zona central de la Argentina, esa temperatura media es del orden de los 20°C, semejante a la temperatura de confort a lo largo del año. Solo a profundidades mucho mayores la temperatura de la Tierra comienza a ascender.

Esto permite utilizar el suelo como sistema natural de acondicionamiento térmico, por ejemplo haciendo circular aire por tubos enterrados para tomar la tempe-

## ¿DE QUÉ SE TRATA?

Una forma de energía geotérmica de generación descentralizada y potencialmente aplicable para disminuir el uso de combustibles fósiles.



**Figura 1.** Esquema de una instalación geotérmica para calentar una casa en invierno y enfriarla en verano. Por el tubo, enterrado lo suficiente como para estar en una profundidad en la que la temperatura del suelo se mantiene razonablemente constante, circula agua que extrae o introduce calor en la casa según sea, respectivamente, verano o invierno.

ratura del suelo hondo antes de llegar al interior de edificios, con el consecuente ahorro de la energía necesaria para calentarlo o enfriarlo. También se puede recurrir a disposiciones por las que se hace circular agua por caños enterrados, como lo indica la figura 1.

Hay varias experiencias realizadas en el mundo utilizando esta tecnología. En Fort Polk, en el estado norteamericano de Luisiana, se instalaron cuatro mil viviendas familiares con el tipo de acondicionamiento térmico descripto. Un estudio realizado por el Oak Ridge National Laboratory concluyó que el costo de la energía en esas viviendas resultaba entre 25% y 50% más reducido que en similares

viviendas sin acondicionamiento geotérmico. Asimismo, la técnica de tubos enterrados dio buenos resultados en la India, en varias comunidades rurales de bajos recursos.

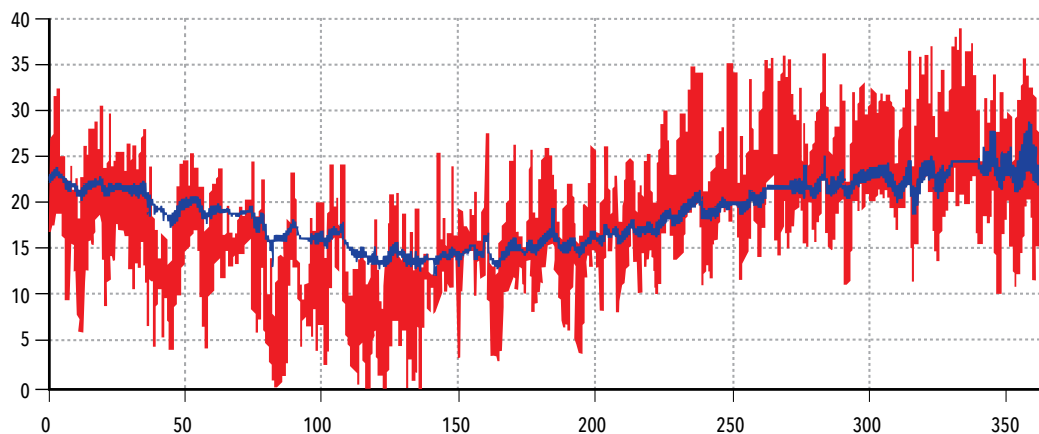
En la Argentina, un equipo en el que participaron los autores estudió durante un año en 2012-2013 el comportamiento de una instalación experimental de acondicionamiento geotérmico colocada en una casa en la localidad de Tortuguitas, en los suburbios de Buenos Aires. Dicha instalación tenía el propósito de mejorar la temperatura del aire de la casa, para lo cual se hacía entrar en ella aire que antes había pasado por un tubo de 20cm de diámetro y 75m de longitud enterrado a 2m de profundidad. El aire se hacía fluir a una velocidad de unos 5m/s, es decir, tardaba unos 15 segundos en recorrer el tubo.

La medición diaria de la temperatura a la entrada y a la salida del tubo arrojó los resultados que muestra la figura 2, los cuales indican que la temperatura con la que el aire se inyectó en la casa osciló considerablemente menos que la del aire exterior que se hizo circular por el tubo, y se mantuvo la mayor parte de los días dentro del rango de la zona de confort, que en la región central del país se ubica entre los 17 y los 26°C (si bien no está solo determinada por la temperatura, pues la humedad relativa tiene considerable influencia).

Para que este tipo de acondicionamiento del aire sea adecuado, es necesario que los ambientes tengan buena aislación térmica en paredes, ventanas y techos, algo que los materiales modernos y las actuales normas que rigen la construcción permiten lograr sin desmesurado gasto, sobre todo en edificios nuevos.

Para mantener los ambientes habitables en condiciones térmicas de confort, una vez llevados a la temperatura deseada es necesario agregar o quitar calor en la misma medida en que este se pierde o se gana del exterior. Esas pérdidas y ganancias se producen por paredes, techos, aberturas y pisos, más ventilaciones necesarias para renovar el aire. El asoleamiento es un factor impor-

**Figura 2.** Resultados de la medición diaria de la temperatura del aire a la entrada (en rojo) y salida (en azul) de un tubo de 20cm de diámetro y 75m de longitud enterrado a 2m de profundidad en Tortuguitas, en los suburbios de Buenos Aires. Los registros se obtuvieron en forma horaria a lo largo de 365 días a partir del 16 de marzo de 2012. Las unidades del eje vertical son °C; en el eje horizontal se indican los días.



TIPO DE VIVIENDA		CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	TOTAL	AHORRO %
Con baja aislación térmica (H)	Sin tubos	9.958	2.628	12.586	0
	Con tubos	8.484	2.239	10.723	15
Con alta aislación térmica (C)	Sin tubos	5.020	1.325	6.345	50
	Con tubos	3.546	936	4.482	64

Energía (en kWh anuales) necesaria para mantener la temperatura de viviendas de la región central argentina en la zona de confort.

tante en el proceso. Las normas IRAM 11.605 y 11.900 proporcionan una buena orientación sobre las especificaciones aplicables al aislamiento de las construcciones.

El tipo de vivienda predominante en el país corresponde a una categoría que en dichas normas se llama H, con poca aislación térmica; mejor aislación tienen las construcciones clasificadas en la categoría C. La tabla proporciona una comparación del desempeño térmico de una vivienda de cada una de las categorías en la región central de la Argentina con y sin instalación adicional de acondicionamiento de aire por tubos enterrados. Los valores indican la cantidad de energía (en kWh por año) necesaria para calefaccionar y enfriar cada uno de los cuatro tipos de vivienda que quedan así determinados.

Se advierte que una vivienda con buena aislación térmica e instalación de tubos subterráneos para preacondicionar la temperatura del aire produce un ahorro de energía del 64% en comparación con una poco aislada y sin esa instalación. Las mediciones se realizaron sobre viviendas idénticas, salvo por las diferencias indicadas.

Los números de la tabla indican los resultados en unidades de energía. La conveniencia de aislar los edificios e instalar los tubos en cuestión tiene otra faceta: el resultado económico. El análisis de este tiene algunas complejidades, empezando por el hecho de definir

con relación a quién es el resultado económico que se calcula. Son preguntas distintas averiguar la conveniencia de una inversión para el inversor (en este caso, el propietario de la vivienda) o para el conjunto de la sociedad. A este respec-

to los economistas hacen una distinción técnica entre precios sociales y de mercado, y han definido métodos refinados para distinguir entre ambas líneas de análisis, que están más allá del propósito de este artículo.

En la Argentina de hoy, con los precios de mercado de la energía marcadamente alejados de su posición de equilibrio por fuertes impuestos y subsidios, el costo inicial de aislar las viviendas e instalar los tubos requiere más de veinticinco años para ser amortizado con los ahorros del consumo mensual de energía. En otras palabras, en líneas generales (que pueden tener excepciones) la inversión carece de rentabilidad para el usuario de la vivienda. Esta conclusión, sin embargo, es de escaso valor, porque no es razonable pensar que las relaciones de precios se mantengan como están en el largo (o aun mediano) plazo, y porque la tecnología cambia y las buenas soluciones producen una dinámica de descenso de su costo.

Para el conjunto de la sociedad un factor de primera importancia en estos momentos, en que se consideran formas alternativas de energía, es la cuestión ambiental. Reemplazar el consumo de combustibles fósiles por energías que no emitan gases de efecto invernadero tiene un valor que excede en mucho la incidencia inmediata de la decisión en el bolsillo del particular o institución que la tomen. **CH**

## LECTURAS SUGERIDAS

**EGG J & HOWARD BC**, 2011, *Geothermal HVAC. Green heating and cooling*, McGraw-Hill, Nueva York.

**IANNELLI L y GILS**, 2012, 'Ondas de calor. Determinación de temperaturas del pasado' y 'Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica', *Revista Latinoamericana de Física Educativa*, 6, 1: 82-88 y 99-105. Accesibles en [http://www.lajpe.org/mar12/16\\_LAJPE\\_616\\_Salvador\\_Gil\\_preprint\\_corr\\_f.pdf](http://www.lajpe.org/mar12/16_LAJPE_616_Salvador_Gil_preprint_corr_f.pdf) y [http://www.lajpe.org/mar12/18\\_LAJPE\\_617\\_Salvador\\_Gil\\_preprint\\_corr\\_f.pdf](http://www.lajpe.org/mar12/18_LAJPE_617_Salvador_Gil_preprint_corr_f.pdf).

**US DEPARTMENT OF ENERGY**, 1998, 'Geothermal heat pumps'. Accesible en <http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24782.pdf>.



**Leila Iannelli**

Licenciada en análisis ambiental, UNSAM.  
Investigadora, UNSAM.  
[lmianelli@enargas.gov.ar](mailto:lmianelli@enargas.gov.ar)



**Jorge Fiora**

Licenciado en matemática, FCEYN, UBA.  
Director del área de Energía del Instituto Nacional de Tecnología Industrial.  
[mingo@inti.gov.ar](mailto:mingo@inti.gov.ar)