

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL DEL SISTEMA DE CONDUCTOS ENTERRADOS EN CARACAS-VENEZUELA

Lorenzo, Ernesto

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
ernestolorenzor@gmail.com

Resumen

A partir del estudio de parte del estado del arte de la tecnología de tubos enterrados, se evidenciaron vacíos en la información, principalmente en los procedimientos de cálculo y dimensionado de los sistemas de tubos enterrados. Igualmente se generaliza en parte de las aplicaciones consultadas, el diseño y construcción de estos sistemas de manera más bien intuitiva y con poca rigurosidad científica.

Igualmente se evidenció la inexistencia de alguna aplicación práctica o teórica en nuestro país, que documentara el comportamiento del sistema de tubos enterrados en alguna de las distintas zonas climáticas.

En virtud de dichos hallazgos, se decidió desarrollar un prototipo que nos permitiera verificar y documentar experimentalmente el comportamiento del sistema de tubos enterrados, específicamente en climas moderados – húmedo como el de la ciudad de Caracas – Venezuela.

Antecedentes

Desde el punto de vista climático, Venezuela se ubica dentro de las regiones tropicales, pero principalmente una gran porción del territorio como lo son sus costas y tierras bajas, se caracteriza por un clima cálido húmedo, fuente permanente de malestar, lo cual a su vez se refleja en edificaciones poco confortables que no cumplen con los requisitos mínimos de habitabilidad.

En lo que respecta a la construcción, el enfoque que por lo general se tiene en nuestro país a la hora de diseñar una obra arquitectónica, pone en evidencia el amplio desconocimiento de

las variables climáticas del entorno donde se ubicará la misma, generando por ende espacios que dependen en su mayoría, de las posibilidades de ser climatizados artificialmente para lograr niveles de confort adecuados, sin considerar la cargas energéticas que esto le ocasionará a dicha edificación durante toda su vida útil.

Por consiguiente, en la actualidad son muchas las razones que demandan despertar el interés de incursionar en las nuevas directrices mundiales, estudiando nuevas maneras de obtener ambientes climáticamente confortables por diversos medios, así como racionalizar a su vez el uso y abuso de la climatización artificial, reduciendo en consecuencia el gasto energético en las edificaciones, en un momento en el cual, el país comienza a tomar conciencia de la importancia de la eficiencia energética para evitar, a futuro, problemas de desabastecimiento tanto por el crecimiento de la demanda, como por la falta de inversiones en el sector eléctrico. Asimismo es importante contribuir con el mundo globalizado al intenta frenar el calentamiento de la atmósfera terrestre, producido por los gases tóxicos (CO₂) y la contaminación.

En dicho contexto se han desarrollado algunos proyectos de investigación en cooperación con la universidad de la Rochelle (Francia), dirigidos a cuantificar el potencial teórico de los sistemas de enfriamiento pasivo de edificaciones en algunas zonas climáticas representativas de nuestra geografía¹. Dichas investigaciones realizaron la selección de tres sistemas pasivos de refrescamiento (Evaporativo, Radiativo y contacto con el suelo) a fin de evaluar su comportamiento en nuestro país.

Los resultados arrojados demostraron que el potencial teórico de los sistemas de enfriamiento descritos anteriormente no es el mismo en todas las zonas climáticas del país, salvo los sistemas de enfriamiento por contacto con el suelo, que si revelaron un óptimo desempeño en todos los casos estudiados.

¹ Hobaica, M.E, Belarbi, R, Rosales, L. 2001. "Los sistemas pasivos de refrescamiento de edificaciones en clima tropical húmedo". Tecnología y construcción 17-1. IDEC-FAU-UCV. Caracas, Venezuela.

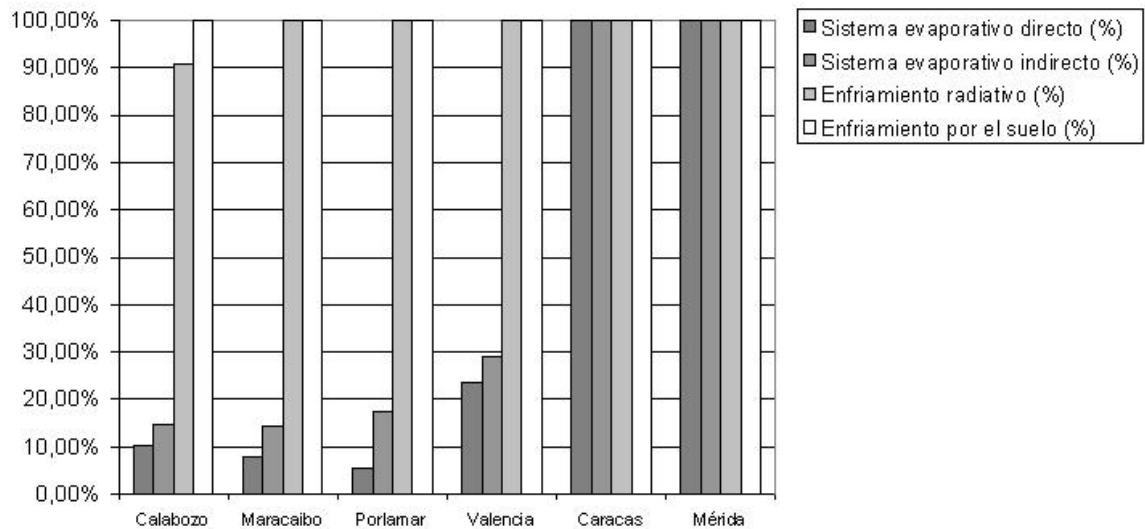


Figura 1.1 Factor de cobertura de los sistemas pasivos de enfriamiento en Venezuela.
Fuente: Elaboración propia

Objetivos

Debido a que en nuestro país no existen aplicaciones concretas, que nos permitan corroborar la eficacia del sistema de tubos enterrados para la climatización de edificaciones, se decidió desarrollar un prototipo y así verificar experimentalmente los resultados del potencial teórico arrojado por las investigaciones anteriores.

Esta verificación es aun más necesaria cuando el enfoque del sistema de cálculo utilizado durante las investigaciones preliminares y el dimensionado del prototipo en general, se desarrolla en condiciones climáticas estacionarias (no dinámicas), lo que conlleva a simplificaciones con el fin de predecir de manera simple ciertas condiciones térmicas dentro del tubo, así como su comportamiento aproximado con unos márgenes de error aceptables.

Metología

Inicialmente se desarrollo un procedimiento de cálculo simplificado basado en regímenes estacionarios de temperatura para el diseño del prototipo. Dado que el interés principal es conocer la cantidad de energía transferida por el movimiento del aire dentro del tubo, nos

limitamos a utilizar relaciones empíricas que han demostrado suficiente aproximación para resolver el problema.²

El desarrollo del prototipo se llevo a cabo en la planta experimental del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), ubicada en una zona montañosa denominada el Laurel, al sureste de la ciudad de Caracas, donde predomina durante la mayor parte del año un clima cálido húmedo.

Por tratarse de un sistema que debe ser diseñado en función de las características propias del lugar donde será construido, se planteó para el desarrollo del prototipo dos fases fundamentales. La primera consistió en la recopilación de las características propias del lugar, lo que nos permitió realizar un diseño adecuado basado en los datos obtenidos, para posteriormente, y como segunda fase, realizar la construcción total del prototipo, así como su puesta en marcha.

Fase de estudio

En ésta fase preliminar se realizaron mediciones de la temperatura de la tierra cada medio metro, hasta llegar a los dos metros de profundidad, a la vez que se obtenían registros de la temperatura del aire exterior, para así cuantificar las variaciones existentes.



Figura 1.2.- Procesos de excavación y colocación de sensores.
Fuente: Elaboración propia

² David Amitrano. 2006. Eléments de dimensionnement d'un échangeur air/sol, dit "puits canadien" Université J. Fourier, Grenoble. Francia.

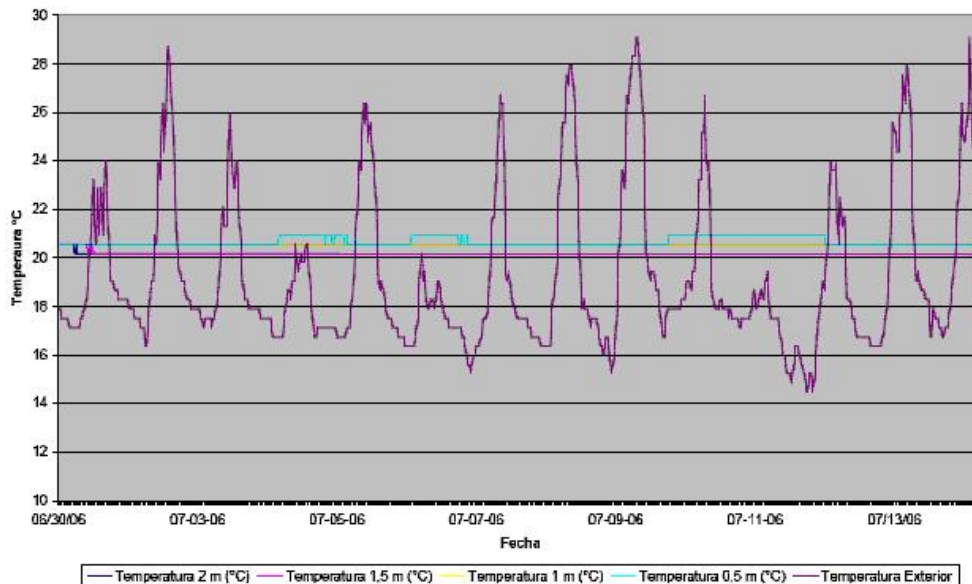


Figura 1.3.- Resultado de las mediciones In Situ.
Fuente: Elaboración propia

Si observamos la fig.1.3, las temperaturas del suelo obtenidas a los distintos niveles de profundidad son en general muy estables entre sí, sin embargo mantienen pequeñas variaciones de temperatura mientras nos acercamos a la superficie. De igual forma en todos los casos se logran diferencias de temperatura entre la tierra (foco frío) y el aire exterior (foco caliente) cercanas a los 9 °C.

Fase de desarrollo.

En ésta fase se iniciaron los trabajos realizando una zanja de dos metros de profundidad, para poder acceder a la temperatura deseada.



Figura 1.4.- Procesos para la realización de la zanja y compra de materiales.
Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se colocaron dentro de la misma, tres tubos de PVC, uno de 4" y 15 metros de longitud, junto a otros dos de 4 y 6" de 30 metros de longitud. La separación mínima entre tubo fue de 5 cms, para garantizar la disipación del calor en la tierra.

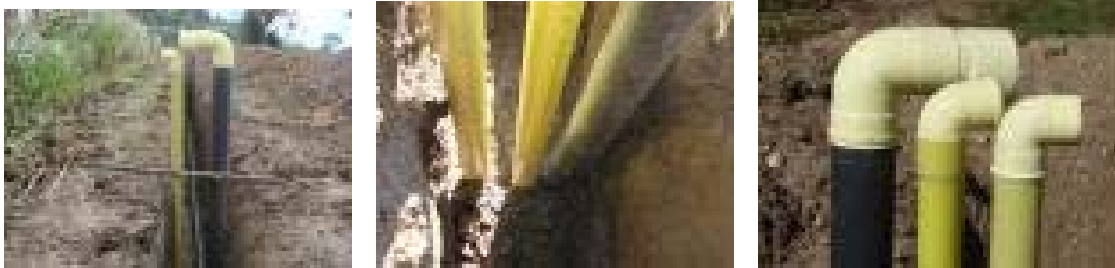


Figura 1.5.- Colocación de los tubos.

Fuente: Elaboración propia

Se cubrieron por completo los tubos y se colocaron 6 sensores que se encargarían de registrar por periodos de 15 min. La temperatura del suelo, del aire exterior y del aire al final de los tubos. Igualmente se colocaron sensores para el registro de la humedad exterior y a la salida de los tubos.



Figura 1.6.- Proceso de colocación de sensores.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente para garantizar el recorrido constante del aire dentro del tubo a 3m/s, se utilizaron ventiladores de 8".

5.- Resultados.

Una vez realizadas mediciones continuas cada 15 min. y durante tres meses consecutivos, se obtuvieron resultados muy satisfactorios, donde se puede demostrar claramente el enorme potencial de esta tecnología, en climas calido – húmedo como el de la ciudad de Caracas - Venezuela.

Igualmente se logró validar el procedimiento de cálculo, al corroborar los resultados teóricos con los prácticos, los cuales estuvieron dentro del margen de error estimado.

En la siguiente grafica podemos observar que en los tres casos de tubos experimentados, se logra una diferencia de temperatura, con respecto a la exterior de hasta 10 °C en los momentos más calurosos del día, demostrando así el enorme potencial de estos sistemas

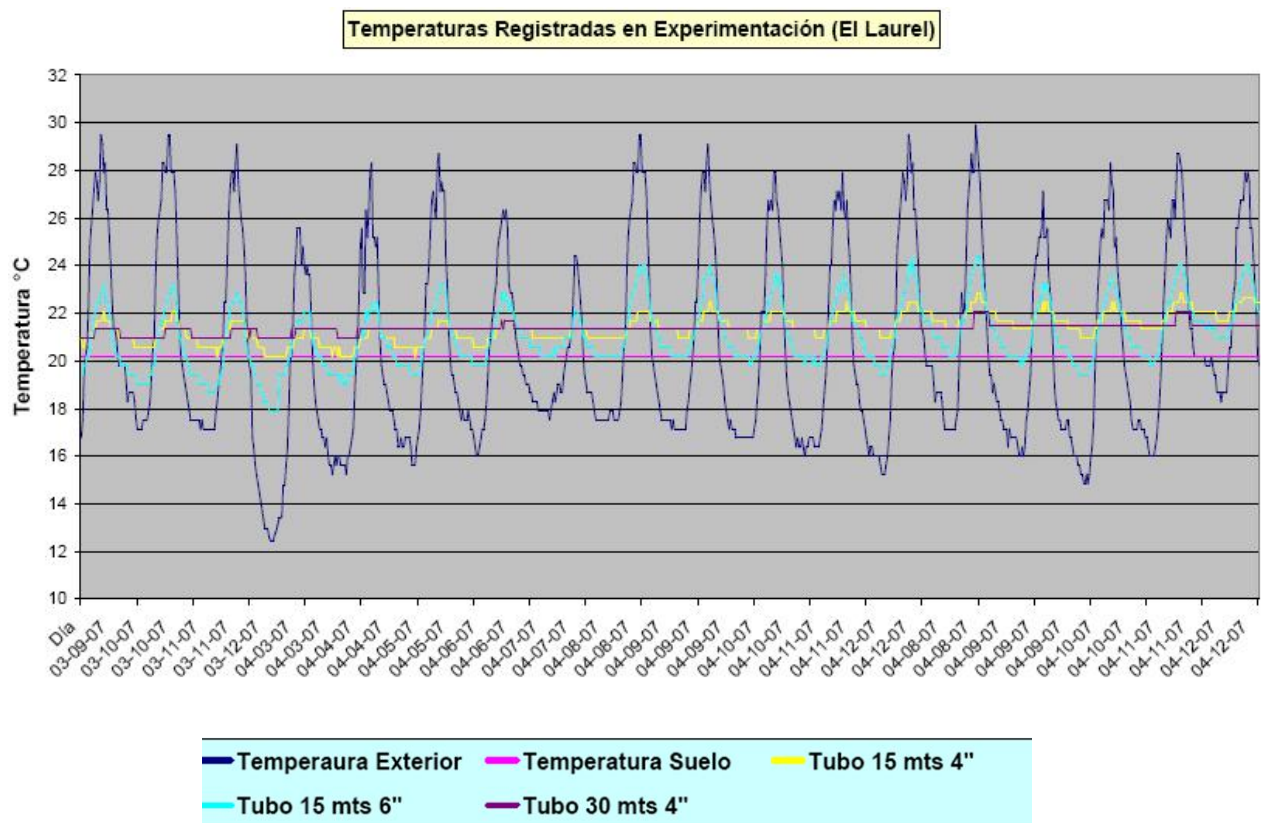


Figura 1.7.- Temperaturas registradas dentro y fuera de los tubos.
Fuente: Elaboración propia

Igualmente se observó que la humedad absoluta del aire dentro del conducto, permanece muy similar a la humedad absoluta exterior, corroborando así que el aire dentro del tubo no llega a la temperatura de rocío, por lo cual no pierde humedad a lo largo de su recorrido.

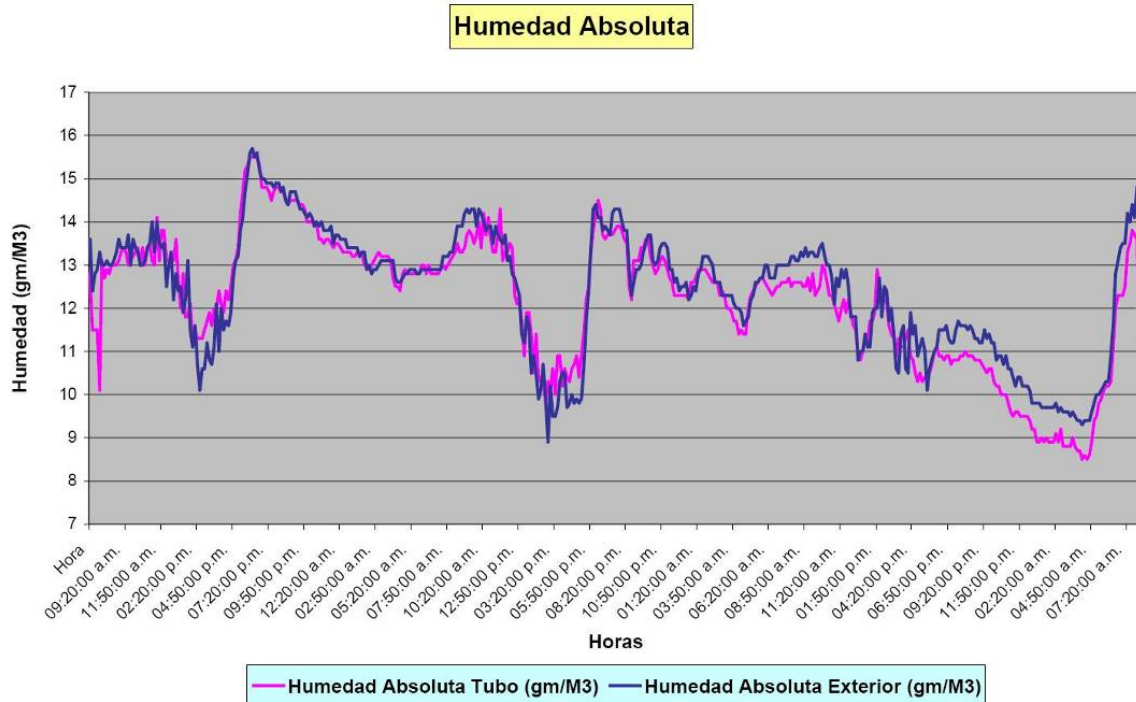


Figura 1.8.- Humedad absoluta registrada dentro y fuera de los tubos.
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los resultados de las mediciones permitieron evaluar detalladamente el comportamiento real de este sistema en climas cálido - húmedo, arrojando conclusiones precisas de gran interés.

En resumen y a los efectos de manejo de variables para el diseño de sistemas de acondicionamiento pasivo ambiental con tubos enterrados, se puede afirmar que la eficiencia del intercambio calórico aumenta cuando:

- A.- Aumenta la profundidad.
- B.- Disminuye el diámetro del tubo.
- C.- Aumenta la longitud de tubo.
- D.- Disminuye el caudal.

De igual forma se comprueba que por no registrarse temperaturas cercanas a la de rocío dentro del tubo, el aire que es introducido desde el exterior, no sufre ninguna variación de los niveles de humedad absoluta originales, lo que da respuesta a las interrogantes surgidas durante el estudio del estado del arte en cuanto al supuesto de posibles condensaciones dentro de los tubos enterrados.

Finalmente, los tubos enterrados, como medios pasivos de enfriamiento del aire en el trópico, factibles desde el punto de vista constructivo, económicos y de muy bajo impacto ambiental, se revelan como técnicas con suficientes atributos como para planear su utilización en las zonas climáticas más calurosas del territorio nacional. Por tal motivo el equipo del área de habitabilidad del IDEC, ha asumido el tema del enfriamiento sensible con tubos enterrados, como parte esencial de la línea de investigación de habitabilidad e instrumento copartícipe para la disminución del gasto y eficiencia de la demanda energética.

Referencias bibliográficas.

Allard f & Belarbi R. (1998) Metodología de evaluación de técnicas pasivas de enfriamiento, COTEDI'98, Caracas, Venezuela.

Belarbi R. (1998) Développement d'outils méthodologiques d'évaluation et d'integration des systems évaporatifs pour le rafraichissement passif des batiments. Tesis de Doctorado en Ingeniería Civil. Universidad de la Rochelle. Francia.

Belarbi R; Hobaica ME; Rosales L. (2001) "Los sistemas pasivos de refrescamiento de edificaciones en clima tropical húmedo, posibilidades de aplicación en Venezuela".

Cilento Sarli, Alfredo (1999), cambio de paradigma del hábitat. Edita CDCH, IDEC, UCV. Caracas, Venezuela.

David Amitrano. 2006. Eléments de dimensionnement d'un échangeur air/sol, dit "puits canadien" Université J. Fourier, Grenoble. Francia.

Givoni B. (1978) El hombre, la Arquitectura y el Clima. Editions du Moniteur. Paris, Francia.

Tecnología y construcción 17-1, Enero-Abril 2001 IDEC/FAU/UCV, Caracas. <http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad>.

González E. Sistemas pasivos de climatización: Enfriamiento natural. Instituto de investigaciones facultad de arquitectura y diseño (IIFA), Universidad del Zulia (LUZ). VII encuentro sobre confort del ambiente construido. ENCAC – COTEDI 2003.

Hobaica M. E. (1984) Caracterización de Zonas Climáticas de Venezuela para la Concepción térmica de Edificaciones. Trabajo de fin de estudios de Maestría en Ciencias u técnicas de la Construcción. (DEA). Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. París. Francia.

Hobaica M. E. (1991) Definición y Validación Experimental de un modelo térmico de edificaciones en clima tropical. Tesis de Doctorado. Universidad Pierre et Marie Curie. Paris VI Francia.

Hobaica M. E., Allard F. et al. (2007) Integración de Sistemas Pasivos de Acondicionamiento Térmico en Venezuela (ISPAVEN). Programa de Cooperación Ínter universitario. PCU-FONACIT-ECOSNORD. Compromiso 9269. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) Facultad de Arquitectura y Urbanismo. (FAU) Universidad Central de Venezuela. (UCV). Laboratorio de Estudio de Fenómenos de Transferencia aplicados a la Edificación. (LEPTAB) Polo Ciencias y Tecnología. Universidad de la Rochelle. Francia.

Lorenzo Romero E. (2007) Climatización pasiva por conductos enterrados. Caso de aplicación: Almacenes L & G para bebidas alcohólicas y gaseosas. Trabajo especial de grado. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC). Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) Universidad Central de Venezuela (UCV).