

Racionalidad energética en edificaciones industriales. Aplicación de sistemas pasivos de climatización

Ernesto Lorenzo

María Elena Hobaica

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela

Resumen

El presente trabajo, ajustado a las más recientes directrices mundiales de ahorro y eficiencia energética en edificaciones pretende –a través de un proyecto de aplicación– evidenciar el potencial del sistema de tubos enterrados y otras técnicas pasivas de climatización en la reducción del gasto energético de una edificación de uso industrial dedicada al almacenamiento de bebidas alcohólicas y gaseosas. Se profundiza en el enfriamiento pasivo a través de tubos enterrados, por ser éste el que mayor potencial demostró dentro del territorio venezolano durante las investigaciones preliminares, así como por su notable desarrollo a nivel mundial en el área de acondicionamiento térmico de edificaciones.

Abstract

The current paper, adjusted to the most up-to-date world guideline of energy saving and efficiency in buildings, shows the potential buried-pipe system and other passive techniques by an application project, in the reduction of habitual energy expenses, of an industrial building used for the storage of alcoholic beverages and sodas. It is based on passive chilling through buried pipes, since this is the one that showed a greater potential in Venezuela during preliminary research, as well as the remarkable development achieved world-wide, in the field of thermal conditionings of buildings.

De todos los posibles impactos generados al ambiente como consecuencia de las distintas actividades humanas, es sin duda el cambio climático por efecto invernadero el que representa la mayor amenaza a corto y mediano plazo. El aumento de los gases causantes de tal efecto dificultan la radiación al espacio de la energía proveniente del sol, lo que ocasiona un calentamiento global que disloca las condiciones de equilibrio del planeta tierra. El CO₂ es el más abundante de dichos gases y su creciente concentración en la atmósfera es en gran medida causa directa de la combustión de combustibles fósiles para obtener energía o calor (IPCC, 2007).

Las edificaciones juegan un papel preponderante en este contexto por ser éstas grandes consumidoras de energía, a causa principalmente del avance tecnológico de la construcción, basado en un alto gasto energético. De toda la energía consumida a nivel mundial que puede ser relacionada con las emisiones de CO₂ a la atmósfera, las edificaciones consumen entre 25% y 30%, lo que las responsabiliza aproximadamente de 19% a 22% de todas las emisiones de CO₂ antropogénicas. En otras palabras, se podría decir que las edificaciones tienen una contribución neta de entre 10% y 12% en cuanto al cambio climático (Wiel y otros, 1998).

Sólo por concepto de climatización se estima una demanda de 6,5% de la energía total consumida en el mundo anualmente, sin embargo, algunas investigaciones han demostrado que con la simple ejecución de un diseño adaptado al clima es posible llevar dicha cifra a 2,35% (Santamouris y Asimakopoulos, 1997).

Descriptor:

Tubos enterrados; Climatización pasiva; Ahorro energético; Confort térmico; Arquitectura sustentable.

Descriptors:

Buried pipes, passive air conditioning, energy savings, thermal comfort, sustainable architecture.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 26-II | 2010 |
pp. 09-18 | Recibido el 31/05/10 | Aceptado el 28/08/10

En el caso venezolano, las estadísticas más recientes indican que durante los últimos años, el país cuenta con el mayor consumo per cápita de energía eléctrica de toda América Latina (Banco Mundial, 2007). Todo esto se agudiza mucho más cuando en la actualidad se evidencia un desequilibrio neurálgico entre la demanda creciente de energía y una oferta estancada que no ha planeado las inversiones correspondientes a este crecimiento exponencial de la demanda, desembocando en una crisis que se perfila de grandes proporciones y que, a corto plazo, se le ha dado respuesta con la implantación de plantas termoeléctricas, cuyo funcionamiento está basado en la quema de combustibles fósiles para la obtención de la energía.

En dicho contexto, no es fortuito que adquieran vigencia un conjunto de técnicas basadas en el enfoque bioclimático. Las técnicas de aprovechamiento de los recursos naturales para satisfacer la demanda energética de los edificios se han mostrado, en no pocos ejemplos prácticos, de gran eficiencia desde todos los puntos de vista, incluso en el más exigente que suele ser el económico (Lorenzo, 2007). La dificultad de aplicación reside entonces, más que en imposibilidades técnicas o económicas, en la falta de conocimiento de estos aspectos de buena parte de los profesionales involucrados en el diseño y construcción de edificaciones, así como en su rechazo, por tratarse de un esfuerzo que se percibe exagerado en las labores de diseño; también la falta de información en los usuarios finales y/o la falta de integración generalmente entre el promotor del edificio y los propietarios finales son aspectos fundamentales.

Al respecto, y con la finalidad de dar a conocer las bondades de estos sistemas, el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), en conjunto con la Universidad de La Rochelle (Francia), ha desarrollado varios trabajos de investigación en esta área, entre los cuales destaca la cuantificación del potencial de aplicación de los sistemas de climatización pasiva en las distintas zonas climáticas del país, siendo la técnica de conductos enterrados la de mayor potencial de aplicación a nivel nacional (Allard y Belarbi, 1998; Hobaica et al., 2001; Lorenzo et al., 2008).

En consecuencia, y partiendo de dichos antecedentes, el propósito de este trabajo es presentar el desarrollo de un proyecto alternativo de diseño térmico por medios pasivos en una edificación de uso industrial dedicada al almacenamiento de bebidas alcohólicas y gaseosas, ubicada en la ciudad de Caracas, Venezuela. Entre los aportes destaca

su contribución con el desarrollo de las técnicas de climatización pasiva en Venezuela, y en especial la de conductos enterrados como alternativa viable en la reducción del consumo energético por concepto de climatización en las edificaciones, sin que se comprometan los requerimientos climáticos y de confort inherentes al tipo de uso.

Caso de aplicación

Planteamiento del problema

Se trata de una edificación de uso industrial dedicada al almacenamiento de bebidas alcohólicas y gaseosas de importación con aproximadamente 3.200 m² de área, distribuidos en dos niveles, ubicada en la ciudad de Caracas, donde predomina un clima cálido húmedo durante gran parte del año. Por su tipo de uso demanda características específicas de climatización que por lo general se logran mediante la utilización de equipos tradicionales de acondicionamiento de aire.

Entre los productos almacenados como whiskys, bebidas energéticas y gaseosas en general, destacan especialmente las especificaciones de conservación de los vinos y champagne, ya que los mismos suelen reaccionar activamente a elevadas temperaturas, así como a sus fluctuaciones. En virtud de lo anterior, la edificación es climatizada de manera artificial y de forma unificada en todas sus áreas, generando un consumo elevado de energía que repercute directamente en los costos de almacenamiento asumidos por las empresas.

De allí la decisión de llevar a cabo un proyecto alternativo de climatización de los espacios, mediante la aplicación del sistema de tubos enterrados, junto a otras estrategias de climatización pasiva, con el objetivo de garantizar las condiciones óptimas requeridas para el correcto almacenamiento de los productos, a la vez de generar una reducción en el consumo energético de la edificación, principalmente por concepto de climatización.

Evaluación del potencial de aplicación de la tecnología de tubos enterrados in situ

En función de los protocolos establecidos en investigaciones preliminares (Lorenzo, 2007), se procedió a realizar la evaluación del potencial de aplicación de la tec-

nología de tubos enterrados *in situ*. Para ello se realizaron mediciones de la temperatura de la tierra a distintos niveles de profundidad (0,5m, 1m, 1,5m y 2m), a la vez que se registró la temperatura del aire dentro y fuera de la edificación, sin el uso de los equipos de aire acondicionado.

Los resultados indicaron que la temperatura de la tierra permanece estable a partir de un metro de profundidad, y según se va profundizando, la temperatura disminuye hasta estabilizarse cerca de los 23°C. Asimismo se observó que la temperatura máxima del aire exterior, en el mismo período, estuvo cercana a los 3 °C y la mínima a los 18°C (figura 1).

En cuanto al comportamiento térmico del aire en el interior de la edificación, se evidenció que las mayores temperaturas se registraron en el nivel superior, a causa directa de la radiación por techo y paredes. Es importante señalar que los cerramientos en esta zona fueron construidos en su mayoría con materiales de elevada conductividad térmica y poco espesor, generando un espacio con condiciones similares a las de un invernadero, y temperaturas máximas del aire cercanas a los 39°C. El nivel inferior, sin embargo, registró temperaturas del aire que no superaron los 30°C, y dicha diferencia radica en que en esta zona los cerramientos están contruidos con materiales de menor conductividad térmica y mayor espesor, a la vez que, salvo la fachada de orientación oeste, éstos no reciben radiación solar directa. Igualmente se observó que la fachada sur de la edificación se encuentra parcialmen-

te enterrada, registrando una reducción de la temperatura del aire en dicha área.

En función de lo anterior se concluye que el potencial de refrescamiento del sistema de tubos enterrados en el caso estudiado, se limita a los momentos del día en que la temperatura del aire en los espacios se encuentre por encima de 23°C.

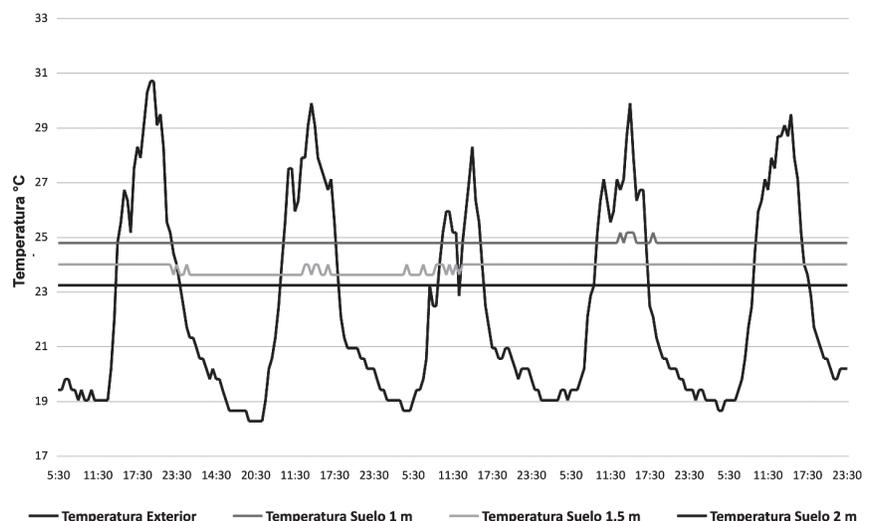
Criterios de diseño con base en los requerimientos exigidos

La propuesta parte del levantamiento de la edificación en su condición original, en conjunto con la evaluación de su comportamiento térmico, con el fin de elaborar una clasificación del espacio por "tipos de zona", con base en la variación de la temperatura del aire, propiedades de los materiales utilizados en su envolvente, radiación solar directa, y cualquier otra característica que repercuta directamente en su comportamiento térmico.

La intención es controlar de manera eficiente las condiciones térmicas originales de la edificación aplicando estrategias de climatización de manera discriminada en función de los grupos de productos, las condiciones térmicas del lugar donde serán almacenados y sus requerimientos de conservación.

Así se crearon tres grupos de productos: 1. Vinos y champagnes, 2. Whiskys y bebidas energéticas, 3. Bebidas gaseosas. Su distribución dentro de la edificación se muestra en la (figura 2).

Figura 1
Temperaturas. Caso de aplicación.
Resultado de las mediciones
realizadas *in situ*



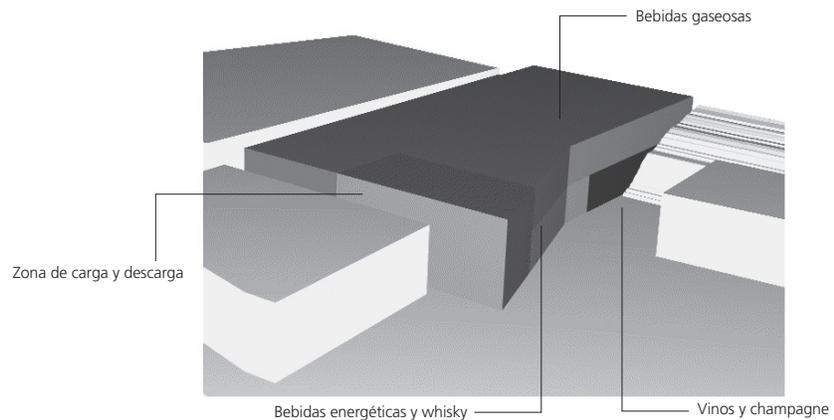
Fuente: elaboración propia.

Zona para almacenamiento de Vinos y Champagne.

Tanto las altas temperaturas como sus variaciones influyen en la evolución bioquímica del vino. Si las temperaturas son muy elevadas se afecta directamente su proceso de envejecimiento natural, y si además éstas son fluctuantes, dilatan y contraen el vino, provocando la fatiga del mismo y minando su vitalidad orgánica. Esto hace imprescindible mantener en todo momento una temperatura óptima entre 18°C y 20°C, garantizando que no ocurran variaciones notables durante el día y la noche (CAREL, 2005).

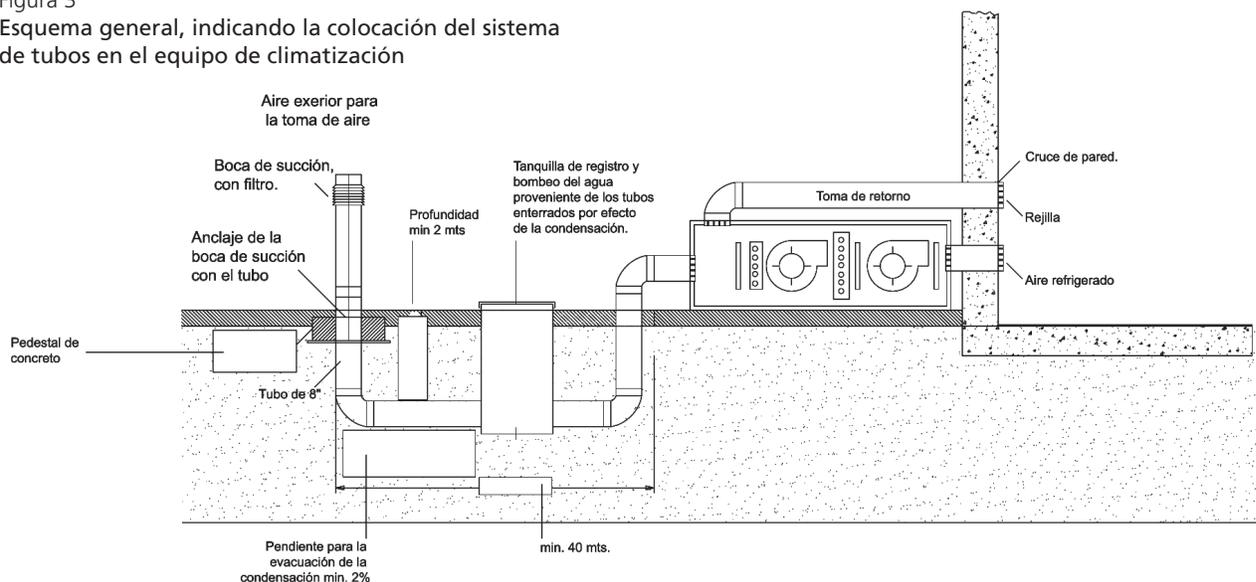
El logro de estas exigencias de conservación requiere la utilización de equipos activos de climatización que garanticen la temperatura deseada, así como su constancia a través del tiempo, sin embargo, y con el fin de contribuir en la reducción del consumo de energía eléctrica de dichos equipos, se propuso que éstos tomaran el aire necesario para cumplir con las renovaciones exigidas según normas sanitarias publicadas en Gaceta Oficial N° 4.044, por medio de un tubo enterrado, que pre enfriará el aire antes de llegar a los equipos, reduciendo así la potencia requerida por los mismos y por ende su consumo eléctrico (figura 3).

Figura 2
Zonas propuestas para el almacenamiento por grupo de productos



Fuente: elaboración propia.

Figura 3
Esquema general, indicando la colocación del sistema de tubos en el equipo de climatización



Fuente: elaboración propia.

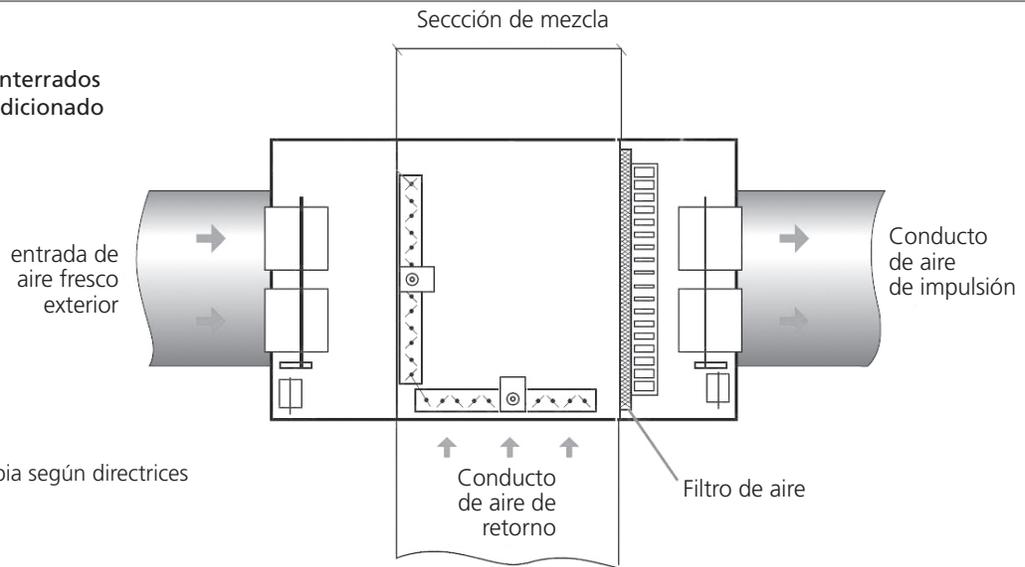
El conducto propuesto es de 8" de diámetro, 40 metros de longitud y 2 metros de profundidad, por lo que se hace imprescindible la aplicación de un ventilador capaz de garantizar el caudal demandado por el equipo de climatización (figura 4). El comportamiento del tubo será similar al de los ductos de retorno tradicionales, sólo que éste suministrará al equipo una entrada de aire fresco, con una temperatura constante de 24°C.

Como complemento de las estrategias planteadas se propone la utilización de aislantes en las paredes este y oeste, para así reducir las ganancias de calor por efecto de la radiación solar, al igual que reducir las pérdidas del interior al exterior. La ganancia de calor por las paredes exteriores se calcula a la hora de máximo flujo térmico,

co, y se debe, no sólo a la diferencia de temperatura del aire que baña sus caras exteriores e interiores, sino también al calor solar absorbido por las exteriores. En la figura 5 se aprecia claramente una reducción de la carga de refrigeración por parte de la radiación de paredes exteriores, que estaría por el orden de 1.250 W, es decir cerca de 72% de disminución.

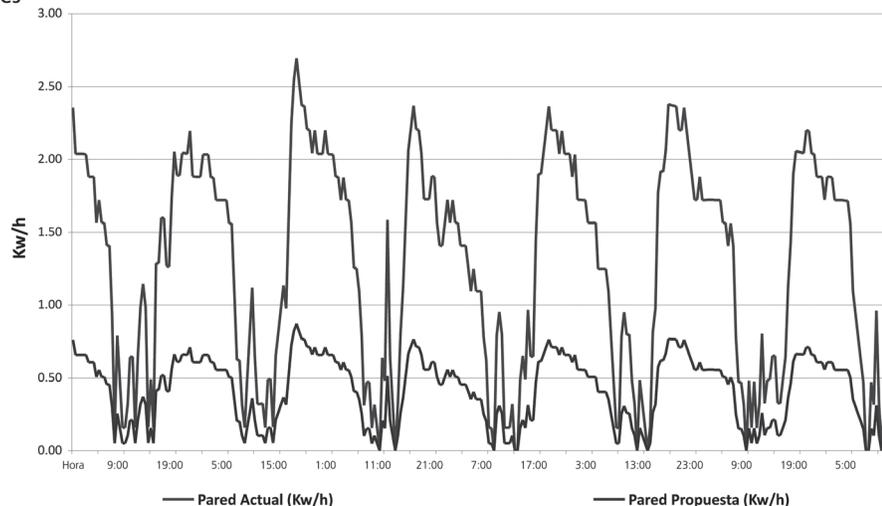
Finalmente, en esta zona, a pesar de no haber conseguido la eliminación de los equipos de aire acondicionado, se logró que los mismos trabajasen de manera más eficiente, al lograr pre enfriar con el sistema de tubos enterrados el aire que es tomado del exterior. Asimismo se pudo disminuir la carga térmica por efecto de los aislantes colocados en las paredes exteriores.

Figura 4
Detalle de conexión del sistema de tubos enterrados al equipo de aire acondicionado



Fuente: elaboración propia según directrices de Carrier internacional.

Figura 5
Flujo de calor en paredes exteriores



Fuente: elaboración propia.

Zona para almacenamiento de Whisky y bebidas energéticas.

Esta zona también posee un área de oficinas y recepción, por lo que se deben lograr condiciones térmicas adecuadas tanto para la preservación de los productos (SWA, 2009) como para el logro del confort térmico de sus usuarios. Al ser compatibles ambos requerimientos, se enfatizó en el logro del confort térmico humano.

En virtud de lo anterior, con la ayuda del programa Weather Tool, se procedió a delimitar la zona de confort estimada para la ciudad de Caracas en dos posibles escenarios: realizando una actividad ligera sin ventilación, y realizando una actividad ligera, con una ventilación no mayor a 1 m/seg.

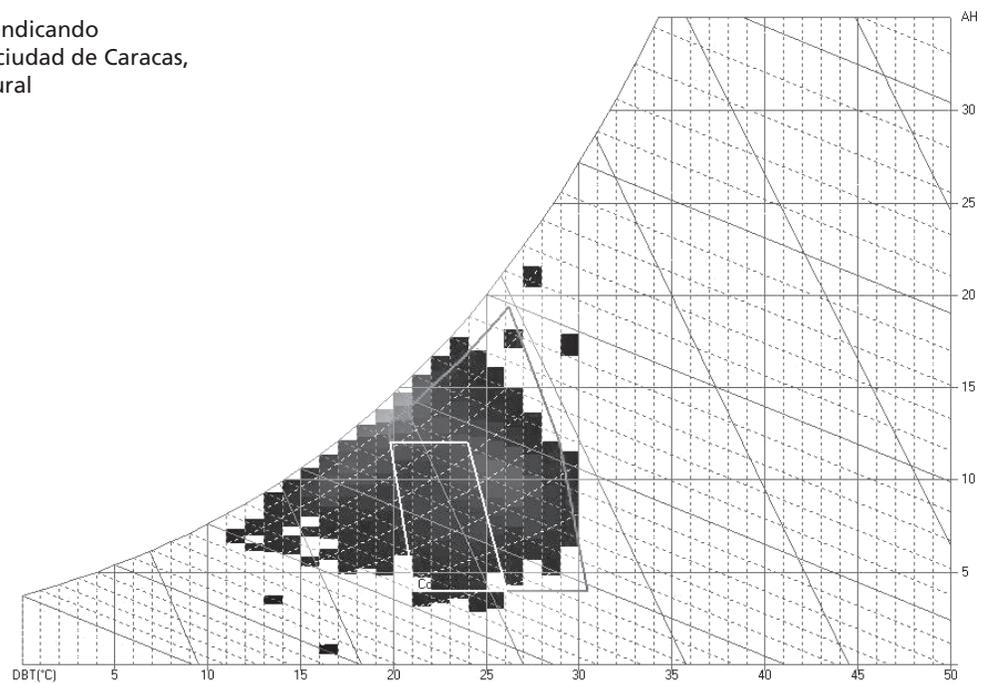
Como se puede apreciar en la figura 6, la sombra corresponde al conglomerado de temperaturas registradas en la ciudad de Caracas durante el año 2006. El rectángulo de menor tamaño superpuesto en dicha sombra responde a la zona de confort térmico generada por el escenario N° 1 y denota que, en estas condiciones, algunos momentos durante el año sobrepasan los límites de confort térmico, ocasionando malestar en los usuarios. Ahora bien, al considerar el rectángulo de mayor tamaño que corresponde a la zona de confort generada por el escenario N°

2, se observa que al garantizar una ventilación no mayor a 1 m/seg se puede solucionar por completo el problema de confort térmico de los usuarios, en cuanto a las altas temperaturas y humedad del aire.

Con base en las premisas anteriores, la propuesta de climatización del espacio se enfocó en la aplicación de un sistema de tubos enterrados, con el fin de lograr una ventilación cruzada de manera forzada, con caudales continuos y aire pre enfriado, estimulando así la activación de los intercambios convectivos entre el aire y las superficies con las que tiene contacto, a la vez que se logra una sustitución recurrente del volumen de aire interior, por uno de menor temperatura (figura 7).

Partiendo del protocolo de cálculo de los sistemas de tubos enterrados desarrollado en investigaciones anteriores (Lorenzo, 2007), es necesaria la colocación de 4 tubos de 8" de diámetro a dos metros de profundidad y 40 metros de longitud, por donde se hará circular aire tomado del exterior a una velocidad no mayor de 3m/seg, garantizando así un caudal de 1.360 m³/h a una temperatura de 24°C. Para lograr un recorrido adecuado del aire dentro del espacio, la salida del aire proveniente de los tubos se proyectó en la fachada de presiones positivas, mientras que se propusieron aberturas superiores en las fachadas

Figura 6
Diagrama psicrométrico indicando la zona de confort en la ciudad de Caracas, con y sin ventilación natural



Fuente: elaboración propia con base en el programa WeatherTool.

con presiones negativas, estimulando así la succión natural del volumen de aire interior.

Finalmente, en esta zona se consiguió la sustitución total de los equipos de aire acondicionado por un sistema de tubos enterrados lo que implica por sí solo una reducción significativa del consumo de energía eléctrica. Asimismo, y al igual que en la zona anterior, se propuso la colocación de aislantes térmicos en las paredes exteriores con orientación este y oeste, reduciendo así el flujo de calor al interior del espacio a causa de la radiación solar directa en paredes.

Zona para almacenamiento de gaseosas

Las gaseosas no sufren ninguna variación en su composición por efecto de las temperaturas alcanzadas durante su almacenaje, por eso las exigencias para su correcta conservación son más flexibles, en tal sentido, en esta zona se recurrió a la aplicación de distintas estrategias de climatización pasiva, de menor inversión, en comparación con lo planteado en las zonas anteriores.

Se propone la realización de un doble techo tipo plafón ventilado, con el fin de garantizar una expulsión recurrente del calor proveniente de la radiación solar directa en el techo, dificultando así su transferencia al espacio.

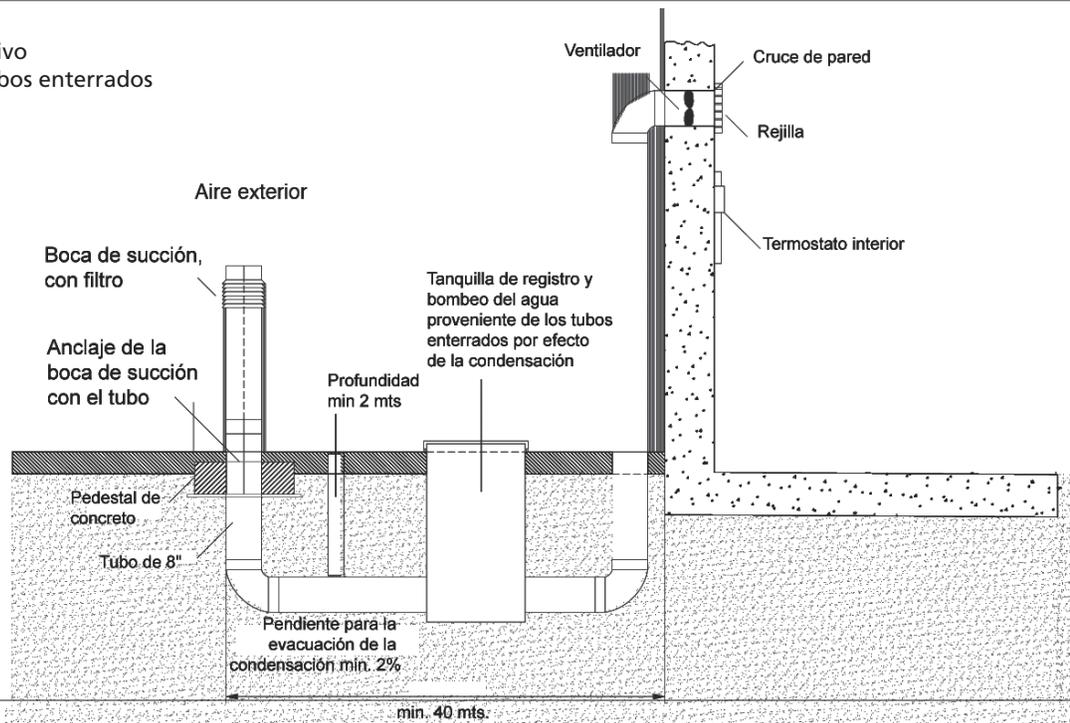
Igualmente se plantean aberturas inferiores en la fachada de presiones positivas y aberturas superiores en la de presiones negativas para así estimular una ventilación natural cruzada, activando los intercambios convectivos en las personas y objetos dentro del recinto (figura 8).

Al igual que en los casos anteriores, se propuso la colocación de aislantes térmicos en las paredes exteriores con orientación este y oeste, reduciendo así el flujo de calor al interior del espacio a causa de la radiación solar directa en paredes.

Estimaciones generales de costo y ahorro energético

Con base en la guía referencial de costos del Colegio de Ingenieros de Venezuela para marzo de 2007, se realizó una estimación de los costos asociados a la propuesta de climatización pasiva de la edificación estudiada *versus* la solución de climatización convencional, la cual consiste en la climatización total de la edificación mediante el uso de equipos tradicionales de aire acondicionado.

Figura 7
Detalle constructivo
del sistema de tubos enterrados
en la edificación



Fuente: elaboración propia.

Al analizar ambas estructuras de costo se demuestra que efectivamente existe una diferencia sustancial entre la propuesta y la solución convencional, siendo esta última 23% más económica (figura 9).

Sin embargo, al comparar las partidas referentes a los equipos de aire acondicionado se aprecia una reducción significativa (figura 10).

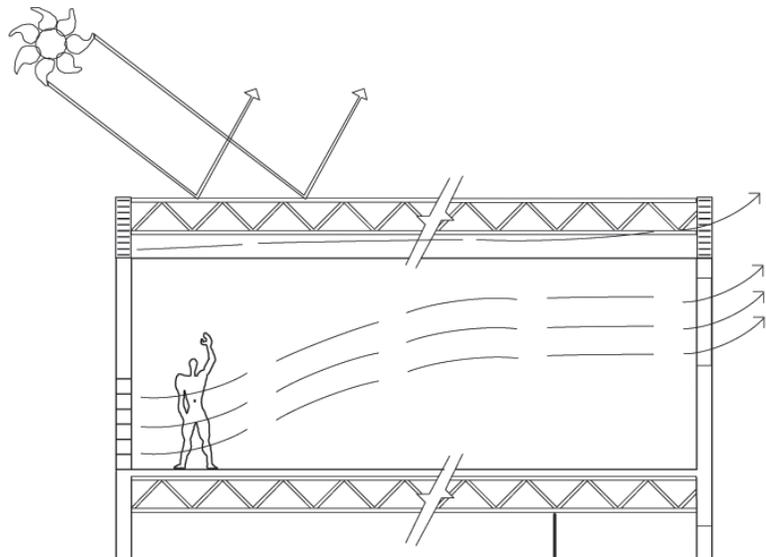
Asimismo, y con la ayuda del programa CTMD, desarrollado por el Dr. Manuel Martín Monroy, profesor titular de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España 2005, se logró realizar estimaciones de las cargas térmicas de la edificación, tanto con la solución convencional como con la propuesta, obteniendo así la cantidad de Watios que deben ser vencidos por los equipos de aire acondicionado diariamente. Este dato es fundamental en

el cálculo de la potencia final de los equipos de climatización y por consiguiente nos permite estimar su consumo energético.

Al analizar la solución de climatizar la edificación de manera convencional se obtendría una carga térmica media diaria de 111.708 W a ser vencida por los equipos de aire acondicionado, con el fin de obtener una temperatura interior de 19°C. A efectos meramente comerciales, dicha carga requeriría la utilización de equipos de potencia no inferior a 32 toneladas de refrigeración.

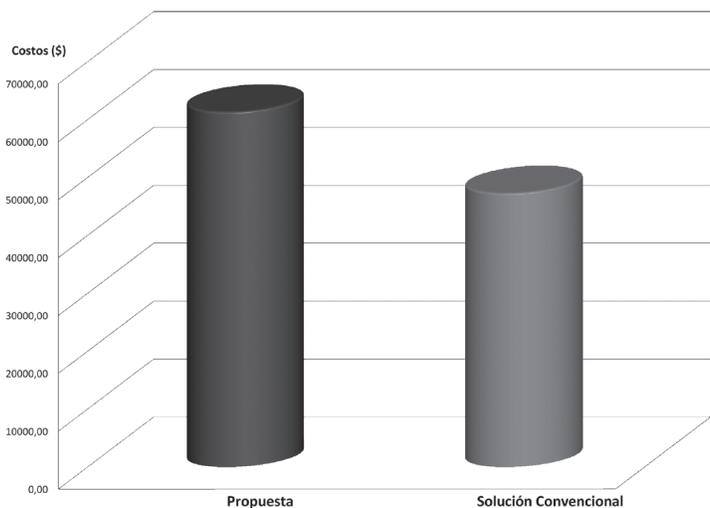
Si analizamos ahora la propuesta de climatizar la edificación mediante la utilización de técnicas pasivas, al realizar los cálculos de la carga térmica media diaria en la zona que requiere de la utilización de equipos de aire acondicionado se obtuvo que era necesario vencer una carga de

Figura 8
Estrategias pasivas de climatización en el nivel superior de la edificación



Fuente: elaboración propia.

Figura 9
Comparación de costos iniciales de construcción entre ambas soluciones



Fuente: elaboración propia, con base en datos del Colegio de Ingenieros de Venezuela, marzo 2007.

8.235 W, lo cual requiere la utilización de un equipo con potencia no menor a 2,5 toneladas de refrigeración.

Esto significa una disminución de 92,6%, en cuanto a la potencia requerida por los equipos de aire acondicionado, los cuales son la fuente principal del consumo eléctrico de la edificación. Al extrapolar esta reducción a la factura eléctrica con base en las tarifas vigente publicadas en Gaceta Oficial N° 37.415 del 03/04/2002, así como el FAP de 1,1318, aprobado según comunicación del MEP No. DVE/075-2006 del 22/03/2006, se obtuvieron los resultados que muestra el cuadro 1.

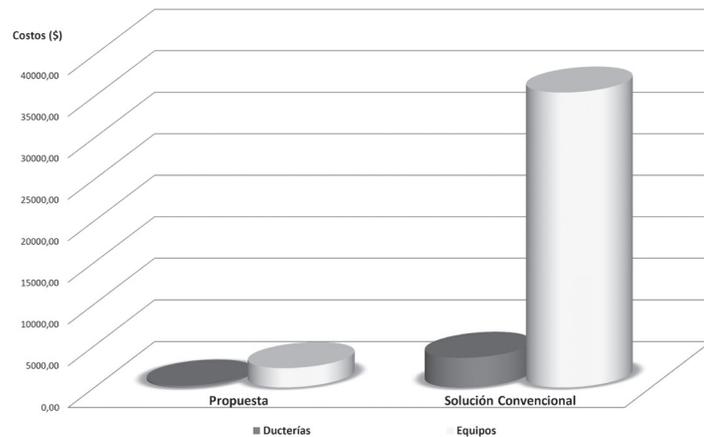
El ahorro mensual de la propuesta estaría por el orden de US\$1.082 (dólares americanos), lo que permite una recuperación de la diferencia correspondiente a la inversión inicial en aproximadamente 13 meses. Asimismo, y a diferencia de la aplicación tradicional, es posible la recuperación total de la inversión inicial en un periodo no mayor de cinco años.

Conclusiones y recomendaciones

Los sistemas de climatización pasiva de edificaciones, de los cuales forma parte el sistema de tubos enterrados, son una alternativa real al problema del consumo energético y la sustentabilidad de las edificaciones, en esto radica la importancia de implantar progresivamente dichos sistemas en el contexto venezolano.

Al igual que cualquier otro sistema de enfriamiento destinado a una aplicación supeditada al tipo de edificación, el sistema de tubos enterrados, así como las demás estrategias de diseño pasivo, debe contar –previo a su diseño– con una evaluación de las variables del lugar donde serán implantados (constructivas, de espacio, contexto, clima, etc.). El desconocimiento de dichas variables pudiera desencadenar un impedimento en la aplicación o el correcto funcionamiento de los mismos.

Figura 10
Comparación de costos
por equipos de aire acondicionado
y ductos entre ambas soluciones



Fuente: elaboración propia, con base en datos del Colegio de Ingenieros de Venezuela, marzo 2007.

Cuadro 1
Estimación de precios de la energía eléctrica, por concepto de climatización*

	Tipo de Servicio	Cargo por Energía (US\$/kWh)	Cargo por Demanda (US\$/kVA)	Estimado Consumo Mensual (kWh)	Precio Total (US\$)
Solución Convencional	General 2	0,015	2,57	74.549,73	1.173,03
Propuesta	General 2	0,015	2,57	5.747,73	90,43

*Tarifas vigentes según Gaceta Oficial N° 37,415 del 03/04/2002

Fuente: elaboración propia con base en tarifas vigentes.

En el caso de aplicación, la zonificación de los productos según sus requerimientos fue una estrategia efectiva para dar respuestas individualizadas y ajustadas a las necesidades dentro de un plan integral, sin caer en el sobredimensionado de las estrategias de climatización propuestas. En tal sentido, el sistema de tubos enterrados demostró ser una alternativa viable principalmente en el logro de los requerimientos de confort térmico, e insuficiente para la conservación de los vinos y champagnes, esencialmente por no contar con una temperatura más baja en el suelo.

Asimismo, los análisis de costo realizados, tanto en la propuesta como en la solución convencional, demostraron que la inversión inicial para la aplicación de las estrategias contempladas en el proyecto de climatización pasiva es 23% más elevado que la aplicación convencional. Sin embargo, las estimaciones de ahorro energético arrojaron

que la propuesta generaría un ahorro aproximado de 96% en el consumo de los equipos acondicionadores de aire, permitiendo recuperar la diferencia de costos iniciales en 13 meses, y la inversión total en menos de 5 años.

De lo anterior se deduce la importancia de analizar los costos por climatización a lo largo de la vida útil de la edificación. Con una inversión inicial levemente mayor, las respuestas pasivas de climatización compensan ampliamente los costos iniciales en poco tiempo, a la vez que repercuten en un ahorro considerable de energía. Igualmente, por ser esta una respuesta fundamentada en el desarrollo sustentable de las edificaciones mediante la reducción de su consumo energético, al generalizarse, contribuiría con la reducción de las emisiones de CO₂ liberadas al ambiente, principal responsable del calentamiento global por efecto invernadero.

Referencias Bibliográficas

- Allard, F. y Belarbi R. (1998) "Metodología de evaluación de técnicas pasivas de enfriamiento", *COTEDI'98*, Caracas, Venezuela.
- Banco Mundial (2007) "Indicadores de desarrollo mundial. Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)" con base en datos de la Agencia Internacional de Energía, estadísticas y balances de energía de países que no forman parte de la OCDE y estadísticas de energía de países de la OCDE. <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC/countries/1W-VE-XJ?display=graph>
- CAREL (2005) "Temperatura y Humedad en Sistemas de Control para la Industria del Vino". Padova, Italia.
- Hobaica, M.; Belarbi, R.; Rosales, L. (2001). "Los sistemas pasivos de refrescamiento de edificaciones en clima tropical húmedo", *Tecnología y Construcción*, 17-I. pp. 57-68.
- IPCC-Pachauri, R. K. y Reisinger (2007) Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Cambridge University.
- Lorenzo, 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), Caracas, Venezuela.
- Lorenzo, E.; Hobaica, M.; Conti, A. (2008) "Desarrollo experimental de un prototipo del sistema de tubos enterrados", *Tecnología y Construcción*, 24 -I. pp. 43-50.
- Normas sanitarias para la construcción, ampliación, reformas y edificaciones. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 4.044 de 08-09-1988.
- Price, L.; Michaelis, L.; Worrell, E.; Khrushch, M. (1998) Sectoral Trends and Driving Forces of Global Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change.
- Santamouris, M. y Asimakopoulos, D. (1997) Passive Cooling of Buildings. James and James Science Publishers. London, UK.
- SWA-The Scotch Whisky Association (2009) The World of Scotch Whisky Industry. Questions and Answers. Edinburgh.
- Wiel, S; Martin, N.; Levine, M.; Price, L.; Sathaye, J. (1998) "The Role of Building Energy Efficiency in Managing Atmospheric Carbon Dioxide", *Environmental Science & Policy*, 1. pp. 28-29.