

ANÁLISIS TÉRMICO EXPERIMENTAL DE UNA CHIMENEA SOLAR ADOSADA A UNA HABITACIÓN.

Hugo Francisco Baez Lobato. Posgrado en Diseño División de Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Calle San Pablo No.180, Azcapotzalco, México D.F. e.mail hblyfc@yahoo.com.mx

Manuel Domingo Gordon Sánchez Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Departamento Energía. Laboratorio de Investigaciones en energía solar. San Pablo 180. Colonia Reynosa Tamaulipas. 02200, México, D.F. Tel. 5318-9000 e-mail: mgs@correo.azc.uam.mx

Resumen.

En este trabajo de tesis se presenta el estudio térmico experimental de una chimenea solar como sistema de ventilación adosada a un espacio, como elemento de extracción de aire para llevar al confort térmico el espacio a ventilar y así evitar el uso de dispositivos de consumo eléctrico. La chimenea solar tiene una superficie de absorción una placa negra de acero, cuyo espesor es de 0.002 m, tiene una altura de 4.8 m y un largo de 1.22 m. El espacio a ventilar tiene una superficie de 2.97 m², los materiales utilizados en este modelo son placas de yeso y terminados con impermeabilizante. En la chimenea solar se colocaron termopares tipo j para obtener datos de temperatura, estos datos están presentados en forma grafica para observar el comportamiento térmico de la chimenea y así poder realizar la comparación térmica entre la chimenea solar y el espacio a ventilar. Las mediciones de temperaturas se obtuvieron por medio de un software llamado Lab View, este software nos dio la información cada 10 minutos, dándonos la posibilidad de obtener todas las mediciones a lo largo de la chimenea solar en un mismo tiempo. Las consideraciones principales que se hicieron fueron: obtener las temperaturas en la chimenea solar, así como en el espacio a ventilar, para tener un comparativo térmico de bienestar para el ocupante y la velocidad de extracción del aire generado por la chimenea.

Palabras Clave: confort térmico, chimenea solar, Lab View, ventilación.

Introducción.

Si bien la importancia de la ventilación ha sido abordada desde los tratadistas de la antigüedad como lo son Vitruvio y Palladio, la ventilación natural se ha visto relegada desde la aparición de los sistemas artificiales de climatización y ventilación mecánica. Sin embargo, en la actualidad el uso de la ventilación natural está volviendo a figurar con gran importancia en el ámbito arquitectónico, desde los géneros habitacionales, industriales, comerciales, hasta aquellos edificios de grandes alturas o rascacielos, incluyendo a los llamados edificios inteligentes.

Retomar los conceptos lógicos y naturales de ventilar los espacios no es por casualidad o moda; por una parte, el hombre se ha dado cuenta de los grandes beneficios de ventilar naturalmente en términos de salud, bienestar y confort. Pero también por los grandes ahorros energéticos que se consiguen al evitar o reducir la ventilación mecánica y los sistemas artificiales de acondicionamiento del aire. Si bien es cierto que en las grandes urbes la calidad del aire es cuestionable para ser utilizado directamente, existen aún muchos lugares en donde la aplicación de la ventilación natural es posible, deseable y necesaria. Es de hecho una de las principales estrategias de climatización natural con las que cuenta la arquitectura bioclimática.

El confort humano se alcanza cuando se obtienen valores aceptables de ciertas variables para el aire como son la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire y cierta calidad del mismo, en la zona ocupada. El rango de estas variables dependerá principalmente de la actividad de los ocupantes estén desarrollando y en gran medida de la época del año. Un rango aceptable recomendado de las temperaturas operativas de confort durante el invierno y durante el verano son de 20 °C a 24 °C, y de 23 °C a 27 °C respectivamente (ASHRAE 55-1981). Los valores aceptables para las velocidades promedios máximas del aire en el interior de la zona ocupada son de 1.2 m/s en el invierno y 1.5 m/s en verano. A su vez, la historia de la humanidad muestra que desde hace mucho tiempo el hombre, sin el conocimiento previo de los estándares actuales, ha buscado estas condiciones favorables de confort a través de medios naturales, prueba de ello son algunas arquitecturas antiguas que utilizaron estrategias naturales como es la ventilación.

El uso de sistemas pasivos para ventilar naturalmente una vivienda o edificación es una técnica antigua, quizás no del todo perfeccionada, y ha retomado importancia durante las tres últimas décadas. Un sistema pasivo puede definirse como un dispositivo como un dispositivo simple en construcción y en funcionamiento, y que puede formar parte de la misma estructura de la construcción. Indiscutiblemente, las edificaciones ventiladas naturalmente utilizan menor energía eléctrica que las ventiladas mecánicamente, razón por la cual estos sistemas han tomado gran importancia durante los últimos años.

Dentro de los sistemas pasivos de ventilación podemos mencionar las torres de viento, las paredes tromba, las fachadas dobles y las chimeneas solare, cada uno de estos sistemas son capaces de inducir el aire a través del recinto haciendo uso de fuentes de energía natural como el viento y/o la energía solar. Su estudio ha tomado gran interés entre la comunidad científica durante las últimas décadas.

Una chimenea solar se puede definir como una cavidad ventilada alargada, generalmente ubicada en la parte mas soleada de una edificación. El aire en el interior de la chimenea se calienta por la radiación solar, dando lugar a un incremento de las fuerzas de flotación, las cuales a su vez inducen el aire hacia la parte superior y posteriormente hacia el exterior de la chimenea solar. La extracción del aire en una edificación por la chimenea, origina que aire desde el exterior pase a ocupar el espacio desalojado al interior del recinto, a través de aberturas tales como puertas y ventanas, y de esa forma proporciona ventilación a la edificación.

Actualmente, la ventilación en las edificaciones sigue siendo un factor muy importante que debe tomarse en cuenta al momento de diseñar cualquier edificación o vivienda, y las chimeneas solares son sistemas pasivos que pueden utilizarse como una alternativa para disminuir el consumo de energía de dichas edificaciones. Para ello es necesario el estudio a detalle de este tipo de sistemas para conocer más a fondo los beneficios que puede proporcionar para el confort térmico dentro de la vivienda y así poder diseñar adecuadamente sistemas de ventilación natural aplicado a viviendas y edificaciones.

Análisis Climático.

Con la finalidad de tener en cuenta las características del clima de la Ciudad de México, zona en donde se colocó la chimenea solar, se realizo un estudio de análisis climático completo, para determinar así cuales son los meses que necesitan ventilación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
11.0	9.8	8.8	8.0	7.6	7.4	7.8	9.1	11.0	13.4	15.9	18.2	20.1	21.3	21.7	21.5	21.1	20.4	19.4	18.2	16.9	15.4	13.9	12.4
12.2	10.9	9.9	9.1	8.7	8.5	8.9	10.2	12.2	14.5	17.1	19.6	21.6	22.9	23.4	23.2	22.7	22.0	20.9	19.6	18.2	16.6	15.0	13.6
14.3	13.0	11.9	11.1	10.6	10.4	10.9	12.2	14.3	16.8	19.5	21.9	23.9	25.2	25.7	25.5	25.1	24.3	23.2	21.9	20.5	19.0	17.4	15.8
16.0	14.7	13.7	12.9	12.5	12.3	12.7	14.0	16.0	18.4	20.9	23.2	25.1	26.4	26.8	26.6	26.2	25.4	24.4	23.2	21.9	20.4	18.9	17.4
16.6	15.5	14.5	13.8	13.3	13.2	13.6	14.8	16.6	18.8	21.2	23.4	25.2	26.4	26.8	26.7	26.2	25.5	24.6	23.4	22.1	20.7	19.3	17.9
16.5	15.5	14.6	14.0	13.6	13.5	13.9	14.9	16.4	18.4	20.4	22.3	23.9	24.9	25.3	25.2	24.8	24.2	23.3	22.4	21.2	20.0	18.8	17.6
15.4	14.4	13.6	13.0	12.6	12.5	12.8	13.9	15.4	17.3	19.2	21.0	22.5	23.5	23.8	23.7	23.3	22.7	22.0	21.0	20.0	18.9	17.7	16.5
15.5	14.6	13.8	13.2	12.8	12.7	13.0	14.0	15.5	17.3	19.3	21.1	22.6	23.6	23.9	23.8	23.4	22.8	22.0	21.1	20.0	18.9	17.7	16.6
15.4	14.5	13.7	13.2	12.8	12.7	13.0	13.9	15.3	17.1	18.9	20.6	22.1	23.0	23.3	23.2	22.8	22.3	21.5	20.7	19.6	18.6	17.4	16.4
14.2	13.2	12.3	11.7	11.3	11.2	11.6	12.6	14.2	16.1	18.2	20.0	21.6	22.6	22.9	22.8	22.4	21.8	21.0	20.0	19.0	17.8	16.6	15.3
13.0	11.9	11.0	10.3	9.8	9.7	10.1	11.2	13.0	15.2	17.4	19.6	21.4	22.5	22.9	22.8	22.3	21.6	20.7	19.6	18.3	17.0	15.6	14.3
11.6	10.4	9.4	8.7	8.3	8.1	8.5	9.7	11.5	13.8	16.2	18.4	20.3	21.5	21.9	21.7	21.3	20.6	19.6	18.5	17.1	15.7	14.3	12.9
14.3	13.2	12.3	11.6	11.2	11.0	11.4	12.5	14.3	16.4	18.7	20.8	22.5	23.6	24.0	23.9	23.5	22.8	21.9	20.8	19.6	18.2	16.9	15.5

Tabla1. Temperaturas Horarias

La tabla 1 muestra en color azul las horas de calentamiento y el color amarillo las horas de ventilación o enfriamiento a lo largo de todo el año, estas horas se presentan en los meses de marzo, abril y mayo, meses en la que puede aplicarse un sistema de ventilación pasiva, que en este caso es una chimenea solar adosada a un espacio o habitación para lograr el confort en esta época del año en este caso de estudio ubicado en la ciudad de México.

Como lo muestra la gráfica 1 las temperaturas máximas se puede decir que las tardes de todo el año son confortables a excepción de los meses de marzo, abril y mayo, cuando las temperaturas sobrepasan las zonas de confort. La temperatura máxima más elevada se presenta en el mes de abril con 27,7°, siendo el límite de confort para este mes de 25.7 °C, es decir que la temperatura llega a sobrepasar la zona de confort por dos grados centígrados.

En la gráfica 2 de días grado, podemos determinar cuando son necesarios los requerimientos de calentamiento y enfriamiento a lo largo del año. Descuerdo a los días grado, la mayor parte del año se tienen requerimientos de calentamiento con excepción en los meses de abril y mayo donde no hay requerimientos de calentamiento, por el contrario, se necesita enfriamiento.

La zona de confort para la ciudad de México se encuentra entre los 20.5 °C y 25.5 °C, por lo que se puede observar que los meses de Marzo a Mayo es necesario enfriar para llegar al confort térmico, misma que se cálculo con las siguientes ecuaciones:

$$T_n = 17.6 + (0.31 * T_{med})$$

$$Z_c = \text{Zonadeconfort}$$

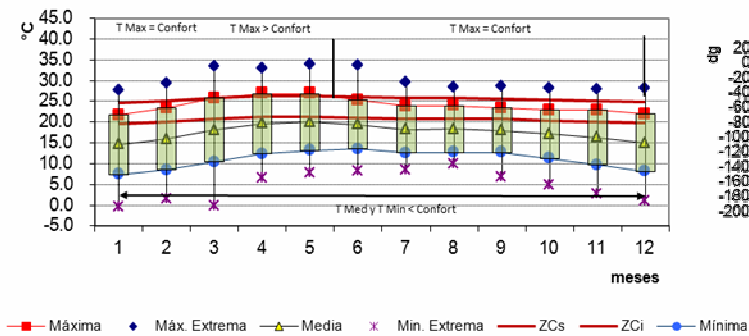
Donde:

$$T_n = \text{Temperatura neutra}$$

$$T_{med} = \text{Temperatura media anual}$$

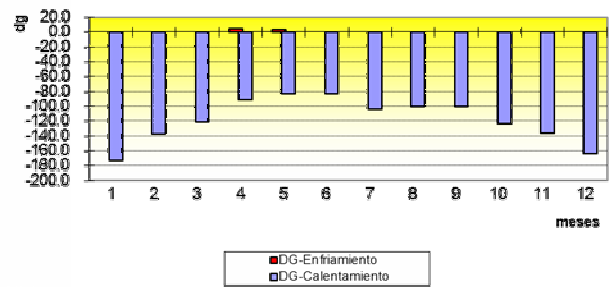
$$Z_c = \text{Zonadeconfort}$$

Temperatura



Gráfica 1. Comportamiento térmico de la Ciudad de México.

Días Grado



Gráfica 2. Días grado en la Ciudad de México.

Construcción de modelo.

Este modelo (figura 1) se realizó a escala real con la finalidad de obtener el comportamiento térmico dentro del espacio generado por la ventilación ocasionada debido a la succión de aire que genera la chimenea solar. Este espacio fue construido con paneles de yeso prefabricados aislados con fibra de vidrio entre ellos y cubiertos con una capa de impermeabilizante blanco en su exterior.



Figura 1. Espacio a ventilar con chimenea solar

Este espacio fue instrumentado en su interior con termopares tipo K para obtener los datos de las temperaturas y así poder realizar el análisis del comportamiento térmico generado por la chimenea solar. Los termopares fueron colocados en tres mallas (figura 2) o niveles para obtener a diferentes alturas el comportamiento térmico y así poder obtener una relación de temperaturas a lo largo, ancho y alto del espacio a ventilar, teniendo en cuenta que la distribución de las mayas comienza del piso a techo. Pudiendo generar con esta información un confort térmico para el ocupante adecuado.

La forma en que fueron adquiridos estos datos fue por medio de un software llamado Lab View, el cual nos permite obtener los datos en tiempo real y en las condiciones en las que se encuentra el termopar, ya que este le manda la información a un modulo receptor el cual a su vez convierte la señal en lenguaje que la computadora puede almacenar en una base de datos.

La forma en que se realizo el acomodo de los termopares en el interior del espacio fue como lo muestra la figura 5. Este acomodo permite obtener información del comportamiento térmico dentro del espacio al que estarían sometidos los ocupantes.

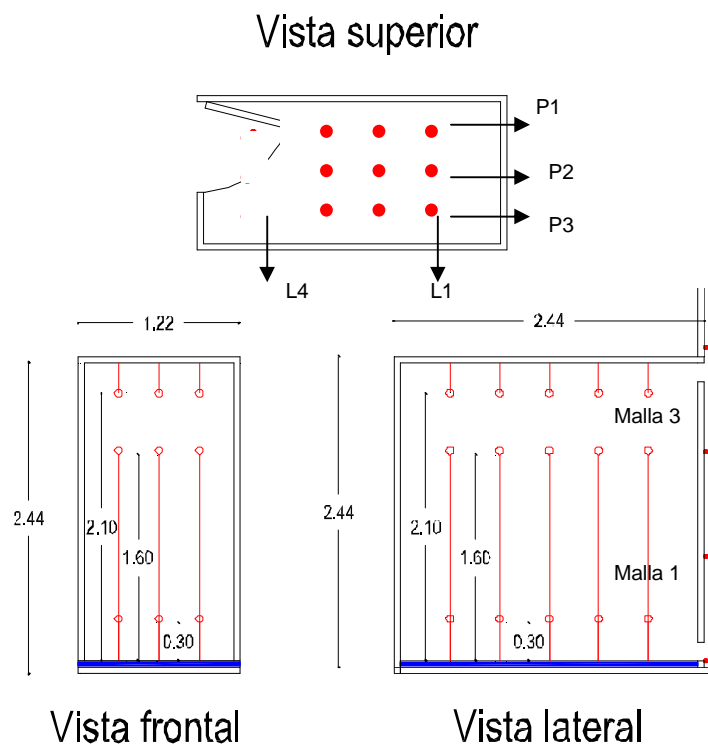


Figura 2. Acomodo de termopares.

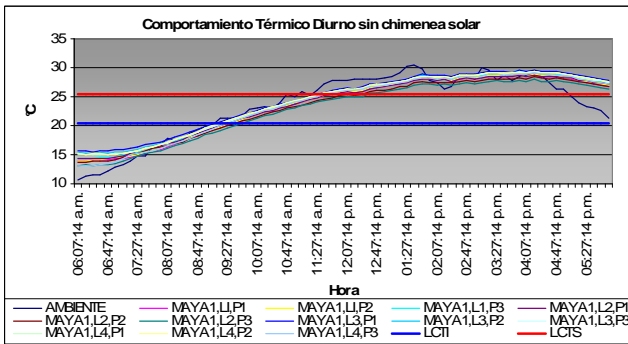
Con la construcción del modelo y el acomodo de los termopares se realizaron las pruebas térmicas al espacio. Estas pruebas fueron realizadas en dos etapas, en la primera etapa las condiciones de trabajo fueron: que la chimenea solar no estuviera en funcionamiento, esto es que las salidas de aire del espacio estuvieran cerradas para observar el comportamiento térmico que se genera en el espacio en condiciones normales.

Las condiciones de trabajo de la segunda etapa fueron: que la chimenea solar entrara en funcionamiento desde las 06:00 a las 18:00 horas, con la finalidad de que el espacio tuviera extracción de aire por medio de la chimenea solar para así generar movimiento de aire en el interior del espacio y lograr que este tuviera niveles de confort aceptable para los ocupantes. Esta prueba tuvo la finalidad de observar las condiciones térmicas que se generan en el interior del espacio por medio de la chimenea solar.

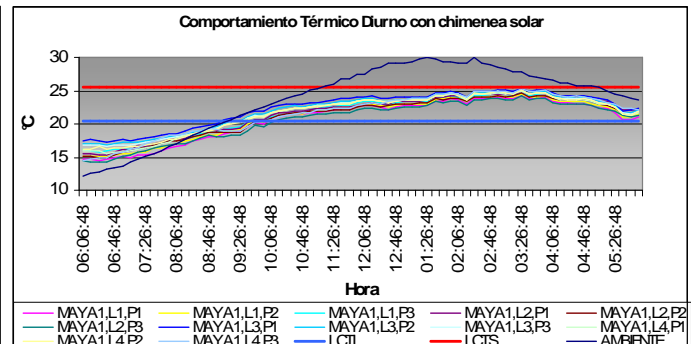
Los datos obtenidos en la primer etapa los podemos observar en la gráfica 3, estos datos son generados a partir de la base de datos generada por el software de adquisición (Lab View).

Los datos obtenidos en la grafica 3 corresponden a la malla 1 que se encuentra a 0.3m del nivel del piso, teniendo en cuenta que esta evaluación se realizo sin la chimenea solar, por lo que se puede observar que el comportamiento térmico interno del espacio no esta en condiciones favorables, ya que a partir de las 09:30 a.m y hasta las 11:30 a.m el interior del espacio se

encuentra en confort térmico, pues este está limitado por el límite de confort térmico superior (LCTS) y el límite de confort térmico inferior (LCTI), a diferencia de este lapso se requiere ventilación después de las 11:30 para lograr el confort.



Gráfica 3.

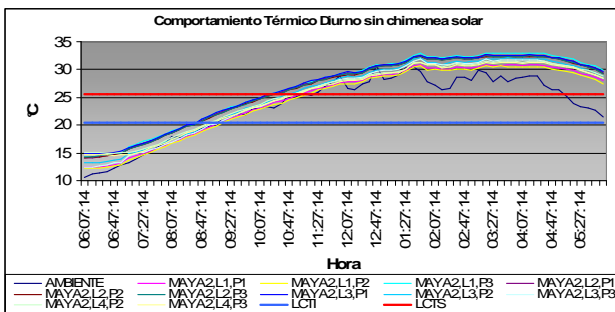


Gráfica 4.

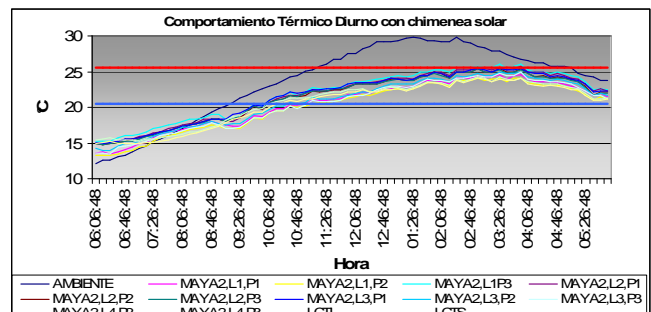
La gráfica 4 muestra el comportamiento térmico con la chimenea solar, que es la segunda etapa de la evaluación. Con la aplicación de la chimenea solar en el espacio, el comportamiento térmico de este es favorable, ya que el comportamiento térmico del espacio está entre el LCTI y LCTS. Estos resultados hablan de lo favorable que es la chimenea solar para lograr el confort térmico de este espacio, ya que a partir de las 09:30 a.m. se logra el confort y se logra permanecer en este a lo largo del día, condición aceptable para los ocupantes de este espacio.

Para la malla dos se obtuvieron los siguientes resultados como lo muestra la gráfica 5, esta malla se encuentra localizada a 1.6 m del nivel del piso. Los datos obtenidos en la gráfica 5 están por arriba del LCTS, lo que indica que en estas condiciones es necesaria la extracción del aire para lograr el confort térmico interno del espacio analizado. A diferencia de la malla uno se alcanzan temperaturas más elevadas.

La gráfica 6 muestra el comportamiento térmico con la chimenea solar de la malla dos, teniendo en cuenta que esta malla está en una posición crítica, ya que se encuentra a la altura en la que el ocupante puede percibir más la temperatura dentro de un espacio.



Gráfica 5.

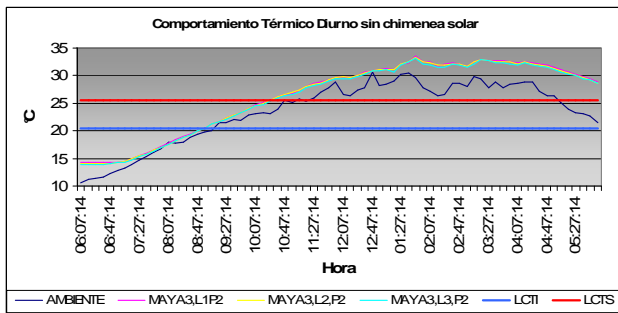


Gráfica 6

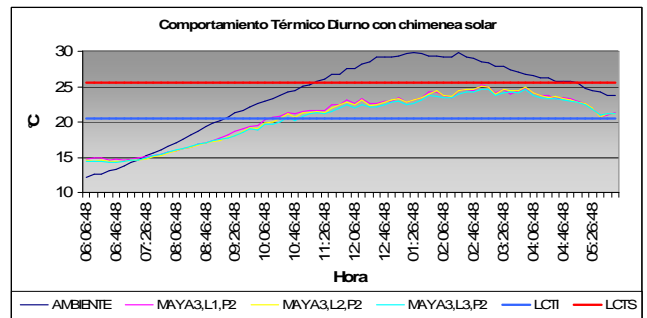
Se puede observar en la gráfica 6 la chimenea solar tiene la capacidad de bajar la temperatura en el interior del espacio ya que el comportamiento térmico en el interior de este está entre el LCTI y el LCTS, teniendo en cuenta que en esta malla la temperatura en condiciones en que no se encuentra operando la chimenea solar es más elevada que en la malla uno.

Para la malla tres los datos obtenidos se pueden observar en la gráfica 7. Esta malla se encuentra a 2.10 m del nivel del piso, además que se encuentra próxima al techo del espacio. Para los datos registrados del comportamiento térmico del interior del espacio con la chimenea solar, se pueden observar en la gráfica 8.

Las temperaturas en esta malla al igual que en las mallas anteriores se encuentran dentro de la zona de confort, lo que indica que la chimenea solar es adecuada para el espacio, ya que genera la succión de aire necesaria para ventilar el espacio y como consecuencia el refrescamiento necesario dentro del espacio para que los ocupantes se encuentren en confort térmico.

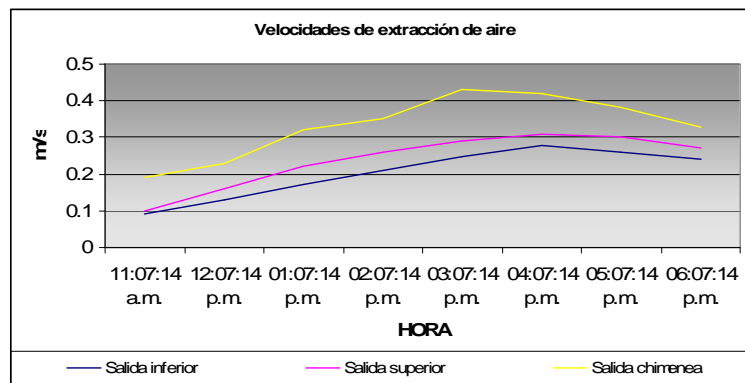


Gráfica 7



Gráfica 8

Además de las mediciones de temperatura del interior del espacio, la gráfica 9 muestra las velocidades de succión en las salidas del espacio que comunican a este con la chimenea solar, con la finalidad de tomar en cuenta la cantidad de aire que se esta evacuando hacia el exterior para conocer la tasa de ventilación que la chimenea solar esta generando al espacio.



Gráfica 9

Para la tasa de ventilación se toma en cuenta el área de ventila, por donde es extraído el aire del espacio interior hacia el exterior en este caso son las salidas del espacio hacia la chimenea solar.

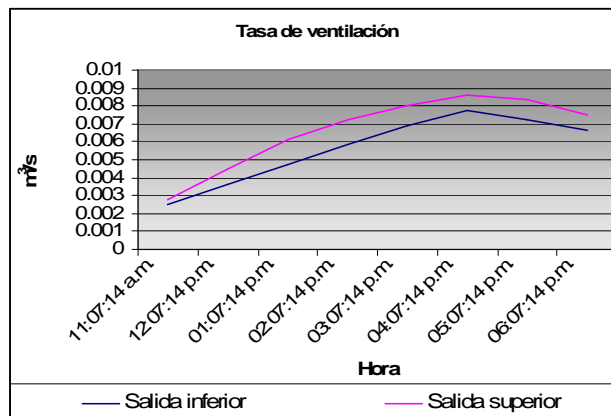
$$Q = 0.025 * A * V$$

donde:

Q = tasa de ventilación

A = área de ventilación

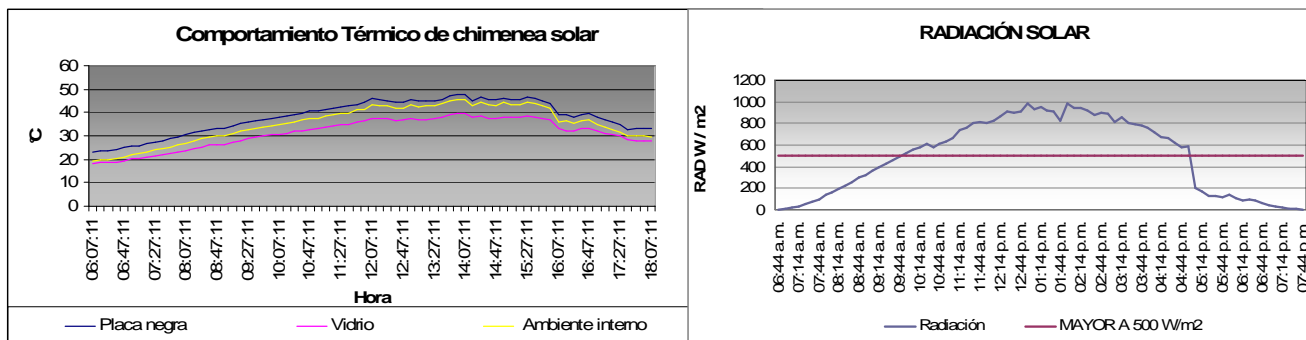
V = velocidad de extracción



Gráfica 10

En la gráfica 10 se puede observar las tasas de ventilación que se generan con la chimenea solar, debido a la extracción de aire del interior del espacio hacia el exterior por el tiro de la chimenea.

Los datos obtenidos en la chimenea solar son los que presentan la grafica 11, que nos presenta el comportamiento térmico del dispositivo a lo largo del día. Esta gráfica es muestra de que el comportamiento térmico de la chimenea solar va relacionado con el comportamiento térmico del interior del espacio a ventilar, ya que a mayor temperatura en la chimenea solar el efecto de extracción de aire en el espacio a ventilar es mayor.



Conclusiones

En el análisis térmico del espacio se puede observar que la chimenea solar puede ser un dispositivo de ventilación natural adecuado ya que nos brinda el poder llevar al confort térmico un espacio. Este dispositivo solar se puede aplicar como ayuda para la ventilación en zonas donde sea una de las principales estrategias a seguir para la sustentabilidad de viviendas o edificaciones.

La chimenea solar es un sistema de ventilación que no utiliza otra energía que no sea la solar, pues es dependiente de esta energía ya que por este lado puede brindar una ventilación adecuada sin ningún gasto energético eléctrico como lo es el caso de los sistemas de acondicionamiento de aire mecánicos.

Este sistema brinda una uniformidad en las temperaturas internas de un espacio ya que al evacuar el aire hacia el exterior ocasiona un movimiento interno en el espacio capaz de llevar al confort térmico todos los espacios en el interior de la habitación o habitaciones a la que se encuentra adosado.

Genera tasas de ventilación aceptables para generar confort en espacios en los que un sistema mecánico gastaría energía eléctrica, que como se ve en este trabajo se puede resolver con sistemas de ventilación pasiva como lo es una chimenea solar.

Se debe tener en cuenta que las temperaturas en la chimenea solar son efecto de la radiación ya que para otras radiaciones estas mediciones tendrán otro valor, parámetro de importancia para el diseño de una chimenea solar, además del tamaño y los materiales de construcción de esta.

La ventilación que brinda una chimenea solar tiene una ventaja sobre los dispositivos mecánicos llamada ruido, ya que las chimeneas no generan ruido ni vibraciones que perturben el confort acústico del espacio a ventilar. Teniendo como desventaja el espacio que se necesita para colocar la chimenea, ya que esta necesita espacio considerable de la fachada de la vivienda en comparación con un dispositivo mecánico de ventilación.

La chimenea solar es un dispositivo adecuado para la ciudad de México ya que con este sistema se puede lograr el confort térmico que se demanda en la casa habitación o en edificaciones que así lo necesiten y no caer en la forma tradicional de solucionar el problema de ventilación colocando un sistema de aire acondicionado en lugares donde la energía solar puede llegar a resolver este problema.

Bibliografía.

Confort y Eficiencia Energética en la Arquitectura,

Memorias del IV Congreso Latinoamericano COTEDI en la Ciudad de México 2005, Vol. I, UAM-COTEDI

Rodríguez Viqueira, Manuel (2001). **Introducción a la Arquitectura Bioclimática**. Ed Limusa. México D.F

Jerald D. Parker (2007). **Calefacción, ventilación y aire acondicionado**. Ed. Limusa Wiley. México D.F

García Chávez y Fuentes Freixanet. Viento y Arquitectura. **El viento como factor de diseño arquitectónico**. Trillas; México. (1995)

Szokolay Steve, **Environmental Science Handbook**. The Construcccion Press, Ltd. Lancaster, U.K.1980

Ibáñez, M., Rosell Polo, J. R., Rosell Urrutia, J.I. (2005) **Tecnología Solar, Colección Energías Renovables**, Ed Mundi-Prensa Madrid, España

García Chávez José Roberto (2000). Compilador **Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable** UAM-Azc. México. D.F