

# **CAPITULO 1**

# **INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Introducción.

Desde hace mucho tiempo el hombre ha buscado la forma de obtener comodidad en su hábitat, empleando combustibles de origen fósil altamente contaminantes para lograr temperaturas adecuadas en el interior del edificio. El hombre al no considerar el ambiente o alejarse de él, ha ocasionado que en la arquitectura actual se requiera o dependa de sistemas de climatización artificial, con el consecuente costo económico, energético e impacto ambiental, debido al origen de la energía que se consume, aproximadamente el 80% de la energía consumida en México proviene de la quema de hidrocarburos [I], por tal motivo es necesario buscar alternativas que provean al hombre de un confort térmico sin necesidad de utilizar energía convencional: Afortunadamente se puede utilizar una energía con gran disponibilidad, la solar, que se encuentra en forma gratuita. Por tal motivo, en el presente proyecto doctoral plantea utilizar la energía solar como alternativa para climatización, a través de la envolvente arquitectónica, como son los muros. La climatización natural mediante energías renovables es actualmente sustentable y ha sido relacionada con la arquitectura mediante diversos adjetivos, entre ellos: bioclimática, arquitectura solar, natural o ecológica, verde, sustentable, etc.

Ken Butti [II] relata en su libro, que desde la antigüedad se han utilizado técnicas para calentamiento o enfriamiento pasivos. Por ejemplo, en algunas partes de Grecia, se usaba energía solar para calentar sus hogares. Como vivían en un clima que normalmente era soleado en casi todo el año, aprendieron a construir sus casas considerando las ventajas del uso del sol durante el invierno y evitar el calentamiento excesivo durante el verano. Menciona que excavaciones recientes demostraron que este tipo de arquitectura nació en el Oeste, donde algunas casas eran orientadas hacia el sur y la mayoría de ellas orientadas de tal forma que captaran los rayos del sol en invierno. Los Griegos veneraban al sol y creían que los rayos de sol sólo eran utilizados por las plantas y animales, por lo que al utilizarla para algo más fue impactante y novedoso.

Puntualiza que los Griegos construían sus fachadas con base a la orientación respecto al sol, dependiendo de la época del año. Por ejemplo, las paredes que en el verano daban al sol eran gruesas mientras que los muros donde el sol golpeaba en el invierno eran delgados y con ventanas. Esto permitía que la edificación se mantuviera caliente en invierno, retenía el calor de los rayos solares en los muros y lo esparcía mediante el aire que se colaba por pequeñas grietas o rendijas, construidas para ese efecto, hacia el interior de la edificación.

Señala que los Romanos, quienes usaban madera para calentar el aire y generar un ambiente agradable en el interior de sus edificaciones, al ver que se tenía escasez de ella optaron por utilizar las técnicas de construcción de los Griegos y no solo la emplearon sino que crearon nuevas técnicas de arquitectura solar que podían ser utilizadas en diferentes climas. Ellos construían un cuarto denominado *heliocaminus* (horno solar) el cual servía para captar el calor mediante muros y lo transferían al resto de los cuartos por corrientes de aire. Para evitar ganancias o pérdidas de calor en los huecos que dejaban en las paredes (ventanas) tuvieron que encontrar algo que los ayudara a controlarlo. Se apoyaron de superficies transparentes como el vidrio para dejar pasar la luz y retener el calor. Por ejemplo sus balnearios, lugar donde se reunían para tomar un baño de vapor, nadar o practicar algún juego, se construían con muros que incluían ventanas o grietas pequeñas que dejaban pasar la luz del sol.

En México, nuestros antepasados colocaban la cisterna en el techo de la casa para aprovechar la humedad y detener el calor del sol. También construían de acuerdo a la orientación del sol y del paso

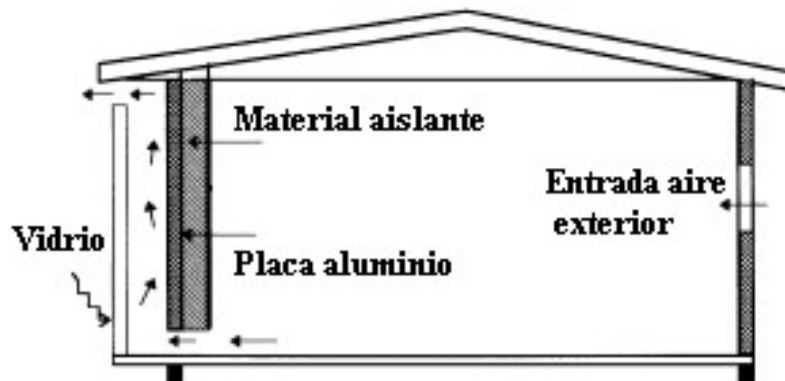
del viento ya que haciendo orificios en las paredes provocaban su circulación, como las culturas mayas, toltecas y aztecas.

Actualmente existen varios sistemas para proporcionar confort térmico, entre ellos los Activos (convencionales) y los Pasivos (el medio ambiente y energías renovables), específicamente en este trabajo de investigación se tratara sobre sistemas de descarga de calor como sistema pasivo.

## 1.2. Descripción del problema

El sistema de descarga de calor esta formado por dos placas paralelas, una de ellas es vidrio que protege a la otra placa (por ejemplo aluminio) que esta montada sobre un muro, formando un canal por donde circula aire. (figura 1.1) Los rayos del sol al incidir en el muro almacenador (placa de aluminio montada sobre un muro) por sus características de absorción, conductividad térmica y almacenamiento modifican su temperatura y por su capacidad calorífica se convierte en un acumulador de calor. Este calor almacenado se transmite al aire que se introduce al sistema por el canal ocasionando convección natural. Este aire se puede introducir al interior de la edificación para calentarla (no es el caso del proyecto) o se tira al exterior logrando generar ventilación en el interior de la edificación, propiciando que su temperatura se mantenga cercanas a la zona de confort.

Figura 1.1 .- Sistema de descarga de calor



En el presente trabajo se estudia al canal de forma rectangular que se encuentra acotado por cuatro condiciones de frontera: un muro vertical (formado por una placa interna montada en el muro); una superficie transparente (vidrio que sirve de protección al medio ambiente) que permite que el muro vertical reciba un flujo de calor que varía dependiendo de la irradiación recibida; y de dos superficies adiabáticas que cierran la cavidad.

Se toma el caso de un muro vertical que separa de las condiciones del medio ambiente y el interior de un cuarto, donde la transferencia de calor a través del muro y la temperatura del cuarto son una respuesta a la variación periódica de las condiciones climáticas sobre la cara exterior del muro.

La temperatura del muro almacenador (muro y placa interna) se eleva por el efecto de la radiación solar y a su vez aumenta la temperatura del aire que circula sobre su superficie.

La cara exterior del muro almacenador interactúa con el ambiente de tres formas las cuales son función del tiempo por lo que se presentan de manera periódica:

- a) Convección con el aire exterior
- b) Radiación infrarroja con el medio ambiente exterior
- c) Radiación solar que incide sobre las placas interna y externa.

Cada interacción tiene un efecto sobre la temperatura tanto en la superficie del muro almacenador como la interna del cuarto a climatizar.

La transferencia de calor entre la cara del muro almacenador y el fluido del interior del canal se realiza por convección natural, que resulta de la diferencia de densidades del aire entre la entrada y salida del canal.

Se han realizado estudios a sistemas de descarga de calor en los cuales se incluye el diseño del elemento almacenador de calor o placa interna. Se encontró que, en colectores solares con cierta inclinación no es necesario que el colector utilizado para captar la energía solar este construido con material metálico sino que se puede obtener buenas ganancias de calor con un recubrimiento mas absorbente o superficies opacas y transparentes, que puedan absorber la radiación solar. También se observó que al colocar dos vidrios dentro del colector solar se puede aumentar la ganancia de calor en su interior y que se obtiene la misma eficiencia si estos se encuentran separados por 4 o 2 cm lo que permite reducir el tamaño del colector.

En cuanto a la experimentación, Siebers [III], Jaluria [IV] y Naylor [V] han variado el número de Grashof, entre valores comprendidos entre  $10^2$  y  $10^{12}$ , es decir, vieron el comportamiento del fenómeno de la convección natural así como la variación de las temperaturas entre la sustancia de trabajo y la de ambiente (respuesta térmica); Chen [VI], Hung [VII] y Martín [VIII] han variado el número de Rayleigh con valores comprendidos entre 0 y  $10^{10}$ , es decir, analizan como se comporta la temperatura del fluido y la del ambiente al variar las propiedades de la sustancia; Morillón [IX] ha variado el número de Fourier de 5 a 44,000, es decir, analizó como responde el muro en cuanto a la capacidad de almacenamiento de calor con el paso del tiempo; y Kobus [X] ha variado el número de Prandtl desde 0 hasta  $10^3$  para conocer como se modifica la velocidad del flujo al cambiar la densidad (cambio de viscosidad y fuerzas de flotación), es decir, varió las propiedades del fluido de trabajo.

Con respecto a la formulación de modelos analíticos que describan el comportamiento de sistemas de descarga de calor, Duffin [XI], Zalewski [XII] y Xiande Fang [XIII] presentan modelos analíticos en estado transitorio que permiten conocer el comportamiento de algunas variables de diseño de un muro Trombe. Hirunlabh [XIV] y Zalewski [XV] presentan modelos analíticos que permiten conocer el comportamiento de un muro Trombe en estado estacionario. Guohui Gan [XVI] y Xiande

Fang [XIII] emplearon software de dinámica de fluidos para simular el comportamiento térmico del muro Trombe.

En los modelos analíticos encontrados no se contempla ni la temperatura del aire en el interior de la edificación a ventilar ni el almacenamiento de calor que se tiene en la placa interna o muro masivo. Este último lo desprecian por ser pequeño o consideran que el aire se lleva todo el calor de la placa interna.

En los estudios al Muro Trombe (principio del sistema de descarga de calor) se encontró que no se han realizado estudios en los cuales se pueda observar el comportamiento del flujo de aire generado al variar el área de entrada de aire así como el de salida, solo se presenta el comportamiento para determinadas condiciones ambientales. No se a cuantificado del todo el enfriamiento que se puede alcanzar al emplear sistemas de descarga de calor. No se establece un potencial de ahorro de energía originado por el empleo de estos sistemas y sustitución de los sistemas de climatización artificial.

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Analizar y estudiar el comportamiento de un sistema de descarga de calor como parte de la envolvente de una edificación, para disminuir las excesivas ganancias de calor al interior de la edificación provocadas por la radiación solar y por con consecuencia en el uso de sistemas de climatización artificial para el ahorro de energía. Poniendo atención en alcanzar el confort térmico en los edificios.

#### **Objetivos Particulares**

Conocer y estudiar el comportamiento térmico de un sistema de descarga de calor aplicado en muros.

Formular un modelo analítico que describa el comportamiento de un sistema de descarga de calor en muros.

Diseñar y construir un prototipo experimental que simule el comportamiento del sistema de descarga de calor en muros.

Mediante la experimentación validar el modelo analítico.

Realizar análisis de sensibilidad modificando algunas de las variables de diseño del sistema de descarga de calor, con el fin de emitir recomendaciones de diseño.

Conocer el comportamiento de un sistema de descarga de calor en muros aplicado a diferentes climas.

Cabe aclarar que en el título del proyecto doctoral se emplea el término de enfriamiento, esto no quiere decir que el sistema de descarga de calor empleado, aporta aire frío al cuarto a climatizar sino que al evitar el sobrecalentamiento de la edificación se disminuye la temperatura interna del cuarto a climatizar, provocando sensación de confort.

#### **1.4. Contenido de la tesis**

Para cumplir con el objetivo del presente estudio “Analizar y estudiar el comportamiento de un sistema de descarga de calor como parte de la envolvente de una edificación” se realizó la siguiente metodología:

Se realizó una revisión bibliográfica, la cual se incluyó en el capítulo 2 del trabajo, para conocer el estado del arte de sistemas de descarga de calor incluyendo trabajos relacionados con el muro Trombe y convección natural en placas paralelas. Se observó que estos sistemas se han empleado desde la antigüedad y que se puede aumentar la ganancia de calor en la placa de un colector solar al aumentar un recubrimiento absorbente. En los estudios al Muro Trombe se encontró que no se han realizado estudios en los cuales se pueda observar el comportamiento del flujo de aire generado al variar el área de entrada de aire así como el de salida, solo se presenta el comportamiento del aire a la salida del canal.

Una vez terminada la revisión bibliográfica se formuló el modelo analítico que permitiera describir el comportamiento de los sistemas de descarga de calor el cual se incorporó en el capítulo 3 del trabajo. Para ello, se realizaron balances térmicos aplicados a sistemas de descarga de calor dando como resultado un modelo que describe el comportamiento de cada parte que lo constituye, considerando la variación en el tiempo de la temperatura ambiente y radiación solar, el almacenamiento de calor en la placa y temperatura del cuarto a ventilar.

Para conocer la proximidad y veracidad de los resultados del modelo analítico, se diseñó y construyó un prototipo experimental, (se describe en el capítulo 4 del trabajo) el cual consta de dos placas planas paralelas separadas por donde circula aire, se emplea una placa de aluminio de  $\frac{1}{16}$  pulg. de espesor (por sus características de conductividad y respuesta térmica) para simular el muro almacenador y como segunda placa plana vidrio de 4 mm. La construcción así como la experimentación se realizó en el “Cuarto oscuro de Óptica” del Laboratorio de Física de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la UNAM. Se incluye dos de las siete pruebas que se realizaron en el prototipo experimental. Para esto se realizaron pruebas en el prototipo experimental las cuales se llevaron a cabo de dos formas. En seis pruebas el flujo de calor fue suministrado por medio de un arreglo de resistencias eléctricas y en la última prueba se empleó la radiación solar. En las pruebas empleando el arreglo de resistencia, se calentó el dispositivo con un flujo de calor correspondiente a 150 W por un periodo de 22 hrs., tiempo suficiente para la estabilización del arreglo de resistencias para que proporcionara un calentamiento uniforme a la placa interna. Posteriormente se varió el flujo de calor en periodos de una hora para tomar lectura del comportamiento del prototipo experimental en 150 W, 250 W, 350 W, 450 W y 600 W. En la última prueba, empleando la radiación solar, el prototipo experimental se orientó al sur para que recibiera radiación solar la mayor parte del día. Se tomó lecturas cada media hora desde las 9 hrs. hasta las 17 hrs.

En el capítulo 5 del trabajo se comparan los resultados obtenidos en las pruebas en ambos modelos y se presenta el análisis realizado con el fin de emitir recomendaciones de diseño. Para esto se modificó el ancho del canal, espesor de la placa interna (capacidad de almacenamiento), altura y ancho de la placa interna y la abertura de entrada del aire que alimenta al canal con el fin de obtener un mayor flujo de aire para la ventilación del cuarto a climatizar, manteniendo su temperatura interna cercana a la ambiental. Encontrándose, que para obtener mayor flujo de aire de ventilación, cuidando que la temperatura del interior del cuarto a climatizar esté cercana a la ambiental, se recomienda combinar el incremento del ancho de la placa interna y el área de entrada del aire que alimenta al sistema. Para conocer el comportamiento de un sistema de descarga de calor en la República Mexicana, también se presenta los resultados obtenidos al realizar pruebas en el modelo analítico modificando las condiciones ambientales correspondientes a varios climas. Se observa, que se puede mantener la temperatura del interior del cuarto a ventilar cercana a la ambiental en condiciones climáticas muy altas (valores de radiación y temperatura ambiental altos) evitando el sobrecalentamiento o bien la inercia térmica del cuarto a climatizar con el sistema de descarga de calor.

Por último, se incluye una sección con las conclusiones del proyecto de investigación así como los anexos con información complementaria para el proyecto.