# MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y VISUALIZACIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA

# DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y MANUAL DE OPERACIÓN

Proyecto PE 101817
Proyecto SENER-CONACyT 260155
Dra. Adriana Lira Oliver

# 1. Introducción

La mayoría de los materiales para la construcción se fabrican a partir de materiales naturales que se encuentran en regiones cercanas a la construcción que se realice. Por cuestiones geológicas, la variación en elementos que pueden tener las diferentes arcillas, arenas o rocas, le confieren al material una gama de valores a sus propiedades térmicas. Estas variaciones en ocasiones pueden ser muy altas, por lo que para modelar térmicamente una edificación es importante medir las propiedades térmicas del material específico que se va a utilizar.

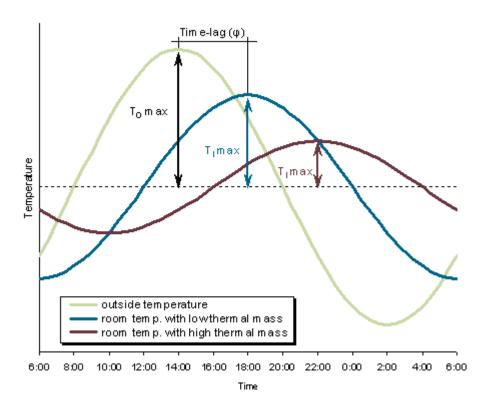
En este manual se mostrarán las condiciones necesarias para poder establecer un flujo estacionario de calor entre dos caras de un paralelepípedo en forma de prisma rectangular que están a diferentes temperaturas, y el estudiante pueda comprender el concepto de transmisión de calor en los sólidos. Habiendo entendido el concepto, el estudiante podrá medir el coeficiente de conductividad térmica. Para el estudiante de arquitectura, manejar este concepto correctamente es muy importante para poder construir ambientes climatizados en los interiores de las construcciones.

La climatización interior por métodos pasivos está determinada por las características térmicas de los materiales de la envolvente. Una característica es el aislamiento térmico con el exterior y otra, la manera de cómo el calor se transporta desde el exterior de la envolvente al interior. Estas dos características tienen que ver directamente con las ganancias o pérdidas térmicas, que dependerán de las características térmicas de los materiales que se utilicen: aislantes o de alta masa térmica.

Los materiales aislantes son en general ligeros y poco densos, en cambio los materiales de alta inercia térmica, que gracias a su gran masa térmica son capaces de absorber y acumular el calor para expulsarlo posteriormente, son más pesados y densos que los aislantes. Muchos materiales de construcción poseen ambas características, dominando una con respecto a la otra y por lo tanto, dependiendo de cómo se le utilice dependerán los resultados de la climatización interior.

Tanto el aislamiento térmico como la inercia térmica en los materiales dependen íntimamente de la propiedad de conductancia térmica del material. La conducción de calor en un sólido se da cuando el sólido está sometido a diferencias de temperatura.

La envolvente de un edificio está expuesta durante el día a la radiación. Esta fuente de calor varía a lo largo del día y desaparece durante la noche. Este fenómeno da como resultado una variación cíclica en temperatura tanto en la superficie exterior como en la interior. En este proceso intervienen varios mecanismos físicos, entre ellos la conducción de calor del exterior al interior sometido a la inercia térmica del material, lo que da un amortiguamiento del máximo y mínimo de la temperatura exterior en la cara interior y un desfase en el tiempo del ciclo de variación.



## 1. Conducción de calor en el régimen estacionario

El concepto básico de conducción de calor se entiende cuando en un sólido en forma de paralelepípedo, dos de sus caras opuestas están a diferentes temperaturas. Debido a esta diferencia de temperatura se establece un flujo de calor de la cara a mayor temperatura a la de menor temperatura, hasta que ambas caras estén a la misma temperatura y entonces se dice que se ha alcanzado el equilibrio térmico. Si las temperaturas en las caras son  $T_1$  y  $T_2$  y éstas se mantienen constantes, entonces se establece un flujo de calor constante. A esto se le conoce como flujo de calor estacionario.

En el laboratorio la conducción de calor estacionaria se establece cuando se tiene un paralelepípedo de material homogéneo entre dos placas en contacto con dos caras paralelas que determinan la temperatura  $T_1$  y  $T_2$  en los extremos del paralelepípedo. Si las placas son al menos del tamaño de las dos caras, y  $T_1 > T_2$ , se establece una diferencia de temperatura entre ellas. Si  $T_1$  está alimentada por una fuente de calor constante y  $T_2$  por un sumidero de

calor infinito, en estas condiciones se establece un flujo de calor estacionario perpendicular a estas caras. La razón de calor por unidad de tiempo  $Q/\Delta t$  es:

$$H = Q/\Delta t$$

En estas condiciones se puede establecer:

$$H = \lambda A \frac{T_1 - T_2}{L} \tag{1}$$

donde  $\lambda$  es el coeficiente de conductividad térmica, A es el área de las caras a las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  y L es la distancia entre las caras a esas temperaturas (Fig. 1).

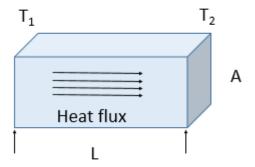


Figura 1

Teniendo las medidas de la muestra, y calculando el flujo de calor H, se determina el coeficiente de conductividad térmica λ.

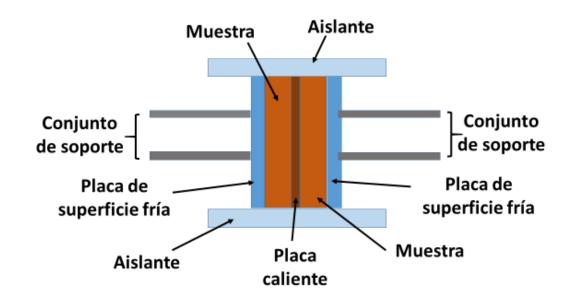
#### 2. Objetivo: medición del coeficiente de conductividad térmica $\lambda$

El coeficiente de conductividad térmica se mide en un régimen estacionario de flujo de calor. Para eso hay que establecer dos temperaturas  $T_1$  y  $T_2$ , con  $T_1 > T_2$ . Un ladrillo para construcción tiene forma de prisma rectangular, ideal para esta medida. Las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  se establecen por medio de placas en contacto con dos caras opuestas del ladrillo, de las cuales una es una fuente de calor y la otra es una placa refrigerada. Ambas mantienen sus temperaturas a lo largo del tiempo.

#### 3. Instrumentación

Con este fin se construyó un dispositivo experimental consistente de una placa calefactora y una enfriadora, para establecer las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  en dos caras opuestas de un material de construcción en forma de un paralelepípedo rectangular.

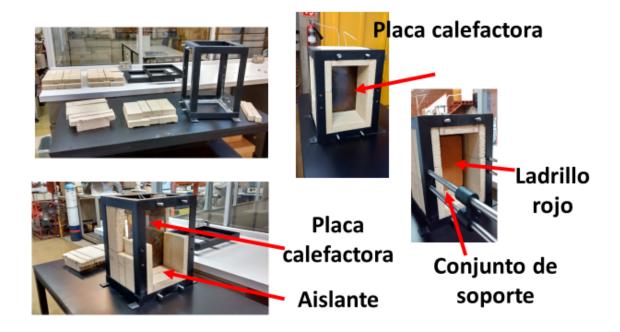
# a) Esquema del dispositivo experimental



# b) Materiales

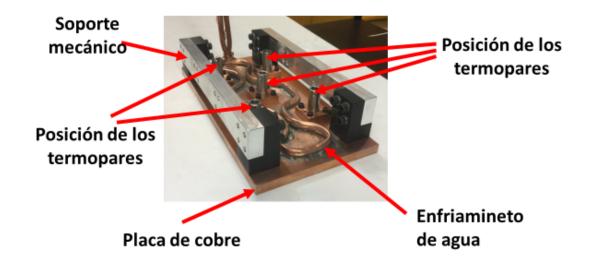
Para construir el cuerpo del dispositivo experimental se escogieron tabiques refractarios con conductividad térmica de 0.20~W/mK, que es más baja que la que tienen la mayoría de los materiales de construcción. La placa calefactora soporta hasta 500~W, con una resistencia de  $130~\Omega$ . Por medio de un modulador de pulsos (PWM) se puede variar el voltaje de línea de 0~a~120~V, con variaciones de corriente de 0~a~0.90~A.

#### c) Elementos constructivos



# d) Placa enfriadora

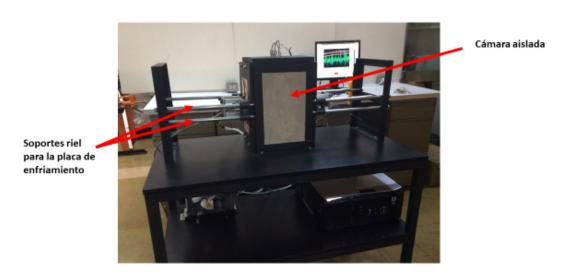
La placa enfriadora es una placa de cobre con un serpentín del mismo material por donde circula agua bombeada por una bomba sumergible. Tenemos un dispositivo tipo espejo con la placa calefactora en el centro. Los termopares son tipo J, con un intervalo de medición de 0 °C 750 °C. y están dispuestos de la siguiente manera:



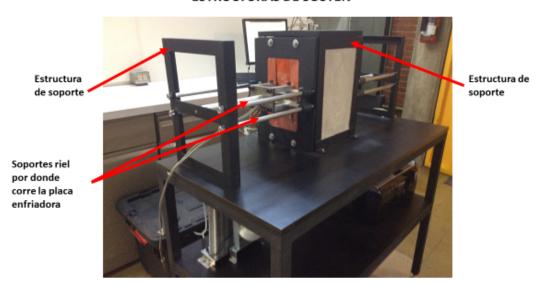
# e) Dispositivo armado completo

En las siguientes figura se muestra el dispositivo cerrado y abierto con todos los elementos ensamblados.

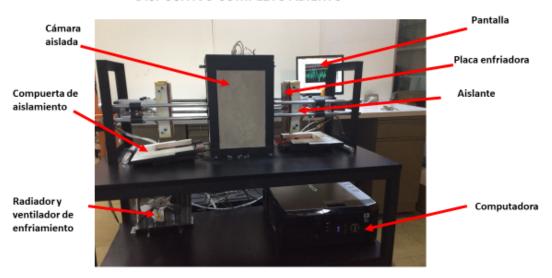
#### **DISPOSITIVO COMPLETO CERRADO**



# **ESTRUCTURAS DE SOSTÉN**

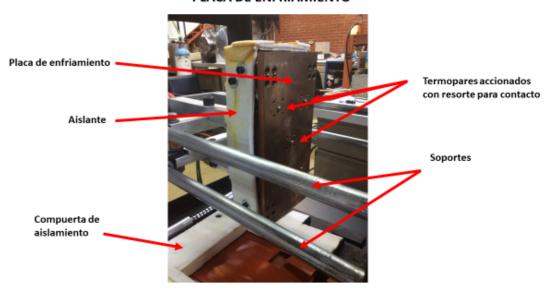


# **DISPOSITIVO COMPLETO ABIERTO**



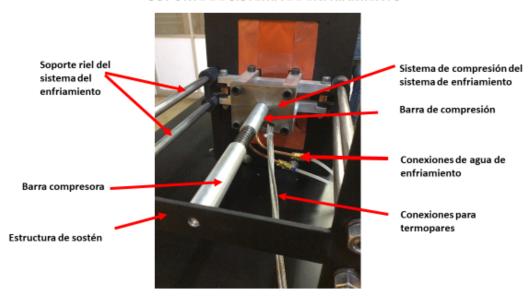
f) Elementos de medición de temperatura

#### PLACA DE ENFRIAMIENTO



g) Sistema de cerrado y compresión

#### SOPORTE DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



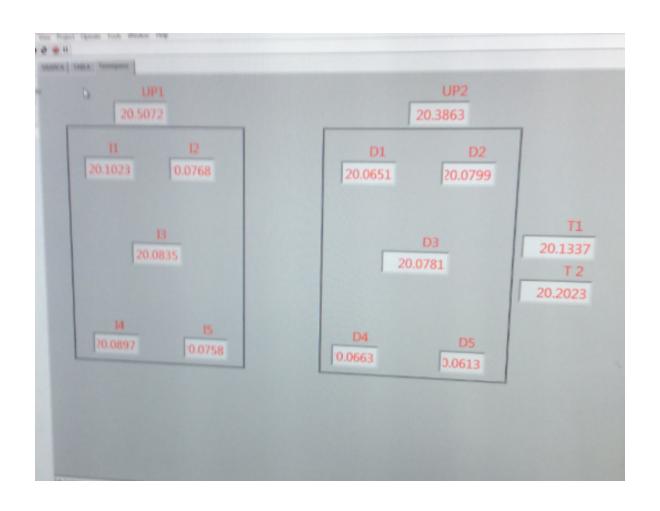
## h) Comandos desde la computadora y medición de la temperatura

El equipo es un sistema cerrado, el elemento de control es la computadora. Tenemos módulos de adquisición que miden la temperatura en el calentador y en 15 puntos más, esta temperatura determina la acción que tomará el control, esta acción se trasmite por medio de otro módulo de salidas digitales que utiliza una etapa de potencia para alimentar el calentador.

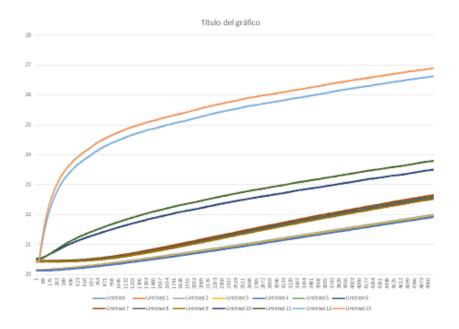
Se debe de verificar las conexiones para asegurar el buen funcionamiento del sistema, además se debe de encender la etapa de potencia.

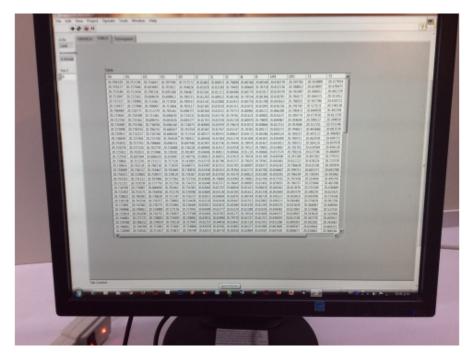
El programa ubica los termopares: los de la placa calefactora, los que van sobre la probeta en la cara en contacto con la placa calefactora, y los termopares en la cara de la probeta que está en contacto con la placa enfriadora.

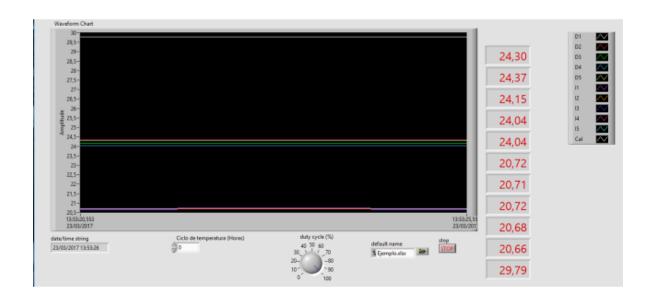
En la figura se muestra la disposición de los termopares como están colocados en el dispositivo. Para los termopares que están a la derecha se denominan con la letra D para la izquierda se emplea la letra I además de un numero sucesivo como se muestra en la figura 3. Además se han colocado 2 termopares en la parte superior denominados UP1 y UP2, los termopares T1 y T2 están directamente conectados al calentador y T1 es el termopar que se emplea para hacer la retroalimentación.



El programa tiene tres formas de ver los valores la primera es por gráfica, la segunda en forma de tabla y la tercera es simbolizando la ubicación de cada termopar.







Para operar el sistema se utiliza la pantalla de gráficos en la parte inferior se muestra los siguientes botones.



La TEMPERATURA FUENTE es la temperatura que tomara el calentador para el experimento y el EXPERIMENTO nos permite seleccionar entre en hacer un experimento de masa térmica o un de coeficiente térmico, Ciclo es el tiempo que va a tomar el experimento de coeficiente térmico en simular el incremento de temperatura y su decremento.

Cuando se abre el programa se empieza a ejecutar y es donde podemos hacer la selección de los parámetros antes mencionados, cuando estos parámetros ya estén seleccionados se pulsa el botón de INICIO y se empieza a ejecutar el programa en ese momento empezamos a ver los valores de los termopares, para distinguir cada termopar se emplean diferentes colores, además se han nombrado los termopares según su ubicación.

Para detener el programa se oprime el botón STOP, los datos se guardan en un archivo Excel en la dirección C:\Users\Documents\LabVIEW Data, ahí se encuentra el archivo Ejemplo que es el más actual los anteriores si no se cambia el nombre se les agregara un numero según su antigüedad.