

## **TUTORIAL TRANSMISIÓN DE CALOR**

Seguro que este tutorial os resultará de importante utilidad puesto que resulta de gran aplicación para numerosas aplicaciones en la industria. Quizás se pueda calificar el mismo como básico si bien todo es progresivo en ingeniería y ciencia, se debe empezar por lo básico.

### **CALOR**

Se trata de una forma de energía transitoria, concretamente una de las dos existentes cuando se habla de fenómenos termodinámicos junto con el trabajo. ¿Por qué el concepto de transitoria? Pues porque solo existen cuando existe algún tipo de intercambio de energía entre dos sistemas o un sistema y su entorno.

La distinción entre ambas se puede realizar de manera muy básica de la siguiente manera:

Cuando se produce un intercambio sin transmisión de masa del sistema, sin diferencia de temperatura, se dice que la energía se ha producido un intercambio de energía mediante la realización de un trabajo.

Cuando se produce un intercambio se produce por una diferencia de temperatura se dice entonces que se ha producido intercambio de energía por flujo de calor.

### **BASE CONCEPTUAL**

Habitualmente la ingeniería de este tipo de transmisiones se refiere al intercambio de energía interna entre dos sistemas, por ejemplo cuando tenemos partes distintas de un mismo cuerpo. Es ahí donde se aplica generalmente el concepto de “Transmisión de Calor”, si bien el Calor representa el mecanismo, y no la cantidad transmitida.

En estos tipos de mecanismos de transmisión de energía se aplicarían dos grandes principios universales como:

- La primera ley de la Termodinámica que exige que el calor desprendido por un cuerpo deba ser igual a la absorbida por el otro.
- La segunda ley de la Termodinámica que indica que la transmisión de calor tendrá lugar desde el sistema más caliente hacia el más frío.

### **MODALIDADES BÁSICAS DE LA TRANSMISIÓN DE CALOR**

Son tres:

1. **Conducción.** Mecanismo de intercambio de energía interna de un cuerpo a otro mediante el intercambio de energía cinética por el movimiento de las moléculas o de electrones si se trata de metales.

Al calentar una barra metálica por un extremo y observar calentamiento por el otro se estaría hablando de este tipo de transmisión de calor.

2. **Convección.** Mecanismo de transmisión que se produce cuando en un fluido se mezclan una parte con la otra, a causa de los movimientos de la masa del mismo. En este caso a nivel interno la transmisión entre moléculas sigue siendo por conducción si bien el desplazamiento de la energía de un punto a otro del espacio se produce por convección.

En general se puede decir que en fluidos es prácticamente imposible los fenómenos de transmisión por conducción pura pues siempre se producirán corrientes de convección como consecuencias de las diferencias de densidad.

3. **Radiación.** Nos referimos a la energía de radiación electromagnética emitida por la superficie de un cuerpo excitado térmicamente. Esta radiación se transmite en todas las direcciones, y al incidir sobre otro cuerpo parte de la misma puede ser reflejada, transmitida o absorbida. En este último caso, para radiaciones de carácter térmico se generará calor en el cuerpo que la ha absorbido.

El calor del sol es el ejemplo más obvio de radiación térmica.

## CONDUCCIÓN

### LEYES FUNDAMENTALES

Si se tiene una placa de superficie  $A$  y espesor  $\Delta x$ , con una de sus caras a temperatura uniforme  $t_1$  y la otra a la temperatura  $t_2$ . Si llamamos  $q$  a la velocidad de transmisión despreciando cualquier efecto de borde diremos que se cumple:

$$q = kA \frac{t_1 - t_2}{\Delta x}$$

El valor  $k$ , constante, representa la conductividad térmica y depende del material de que esté compuesta la placa.

La anterior ecuación constituye la relación fundamental de los fenómenos de conducción de calor, mostrándose a continuación su representación formal y genérica.

## FORMULACIÓN

El problema consiste en representar la temperatura en cualquier momento y en cualquier punto de un sólido determinado que se ha calentado hasta una temperatura inicial conocida y cuya superficie se ha sometido a una serie conocida de condiciones límite.

Para ello, se eligen tres direcciones perpendiculares entre sí,  $x$ ,  $y$  y  $z$ . Para la modelización se ha de seleccionar un sólido paralelepípedo de dimensiones  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , y  $\Delta z$  desarrollando así la formulación del flujo de calor que penetra en el sólido y sale por cualquiera de las seis caras. Se tendrán así los flujos de calor  $f_x$ ,  $f_y$  y  $f_z$  que se producirían de manera aislada en cualquiera de las tres direcciones  $x$ ,  $y$  o  $z$  obteniéndose así la siguiente ecuación general:

$$\rho C_p \frac{\partial t}{\partial \tau} = k \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + q^*$$

dónde:

- $q^*$  representa la velocidad a la que se genera el calor en el interior del elemento por unidad de volumen.
- $C_p$  calor específico,  $\rho$  densidad
- $k$  constante anteriormente mencionada, conductividad térmica del material.
- $t$  temperatura que será función de  $t(x, y, z, \tau)$  donde  $\tau$  representa el tiempo.

## CONVECCIÓN

### CONCEPTOS CLAVE

Por la naturaleza ya indicada de este mecanismo de transmisión resulta fundamental conocer ciertos aspectos de la dinámica de fluidos:

Si, por ejemplo, se tiene el flujo de un fluido a lo largo de una superficie plana se observa lo siguiente:

Velocidad uniforme y distinta de cero en los puntos alejados de la pared.

Velocidad cero en los puntos más cercanos a la misma.

En este sentido decir que es la propia viscosidad del fluido la propiedad que genera ese efecto de retardo a medida que nos acercamos a la pared como consecuencia del deslizamiento relativo entre las láminas del fluido. Este fenómeno resulta particularmente notorio en una capa muy fina próxima a la pared que llamaremos “capa límite de velocidad”. Fuera de esa zona el efecto del rozamiento de la pared sobre el fluido podrá considerarse despreciable.

El nivel de capa límite suele establecerse en un 95-99% de la velocidad en régimen de corriente libre. Dentro de esta zona el fluido puede presentar un régimen permanente o laminar. En este último caso las láminas del fluido se deslizan unas con respecto a otras pero no se mezclan en la dirección normal a las líneas de corriente del fluido. En el caso de turbulencia se producen fluctuaciones transversales que aumentan la transmisión de calor en esa dirección.

De este modo también se generará una capa límite térmica entre la temperatura de la superficie  $t_s$  y la del fluido  $t_f$ , o más bien un porcentaje de esta. Esta capa suele diferir de la que se genera en velocidades si bien su forma y configuración dependerá de la naturaleza del régimen de velocidades existente.

### FORMULACIONES

En cualquier caso, para las variables anteriormente definidas puede decirse que:

$$\frac{q}{A} = h(t_s - t_f)$$

Donde el símbolo  $h$  representa el “coeficiente de película” o conductancia térmica unitaria. Este parámetro no depende significativamente de las propiedades del material como sí lo hacía la conductividad térmica, y sí de la composición del fluido, de la geometría de la superficie y de la hidrodinámica del movimiento del fluido sobre la superficie.

### RADIACIÓN

#### CONCEPTOS

Una de las bases conceptuales de este sistema de transmisión es que los cuerpos pierden o ganan energía sin necesidad de que intervenga un medio de transporte. Por ejemplo, en el caso hipotético de un cuerpo aislado en el “vacío” puede apreciarse esa pérdida de energía. Esta pérdida se debe a una emisión electromagnética que se conoce con el nombre de radiación térmica.

La otra sería que la importancia que tiene en el nivel de energía transmitida la temperatura existente en cada cuerpo, frente a los dos otros métodos en los que la cantidad de calor dependía de la diferencia de temperaturas entre los cuerpos. De hecho, esta dependencia es a la cuarta potencia con relación a la temperatura absoluta de cada objeto.

#### FORMULACIONES

La velocidad de transmisión de energía por unidad de superficie radiante viene dada por la ley de Stefan-Boltzman:

$$E = \varepsilon\sigma T^4$$

dónde:

- $E$  es la velocidad de emisión de energía por unidad de superficie
- $T$  es la temperatura absoluta del cuerpo.
- $\sigma$  una constante física universal
- $\varepsilon$  una propiedad de la superficie emisora que se conoce con el nombre de “emisividad”.

Se trata de una ley basada en pruebas experimentales, y que con posterioridad se comprobó podía deducirse a partir de las leyes de la termodinámica.

Bueno, pues este es el contenido del tutorial de este boletín, introductorio sin lugar a dudas de una interesante y utilizada disciplina como es la Transmisión de Calor. Hasta el próximo de nuestros tutoriales dentro de quince días.