

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 Transferencia de calor.

La transferencia de calor es la energía que se transfiere de un sistema a otro con menor temperatura, debido únicamente a la diferencia de temperaturas. Ejemplos de transferencia de calor son: nuestros cuerpos cuando transfieren calor a los alrededores, el sistema de enfriamiento en el motor de un automóvil cuando transfiere el calor de los cilindros al aire del ambiente mediante el radiador, los hogares calurosos en verano y fríos en invierno, etc.[11]

En transferencia de calor los conceptos fundamentales son: el tipo o índice de transferencia de calor y la distribución de temperaturas.

La transferencia de calor es un fenómeno en superficies, es decir, la transferencia de calor ocurre de o hacia una superficie. Son dos los modos de transferencia de calor: difusión y radiación. La difusión en una superficie requiere un medio material adyacente a ella y el efecto en el cambio de temperatura se propaga

lentamente comparado con la radiación. La conducción y convección son dos mecanismos de transferencia de calor de la difusión. La conducción se lleva a cabo a través de sólidos o fluidos estacionarios, mientras que la convección se da entre una superficie sólida y un fluido en movimiento. En contraste, la radiación se lleva a cabo entre dos superficies cualquiera y no requiere de un medio para transferir el calor [11].

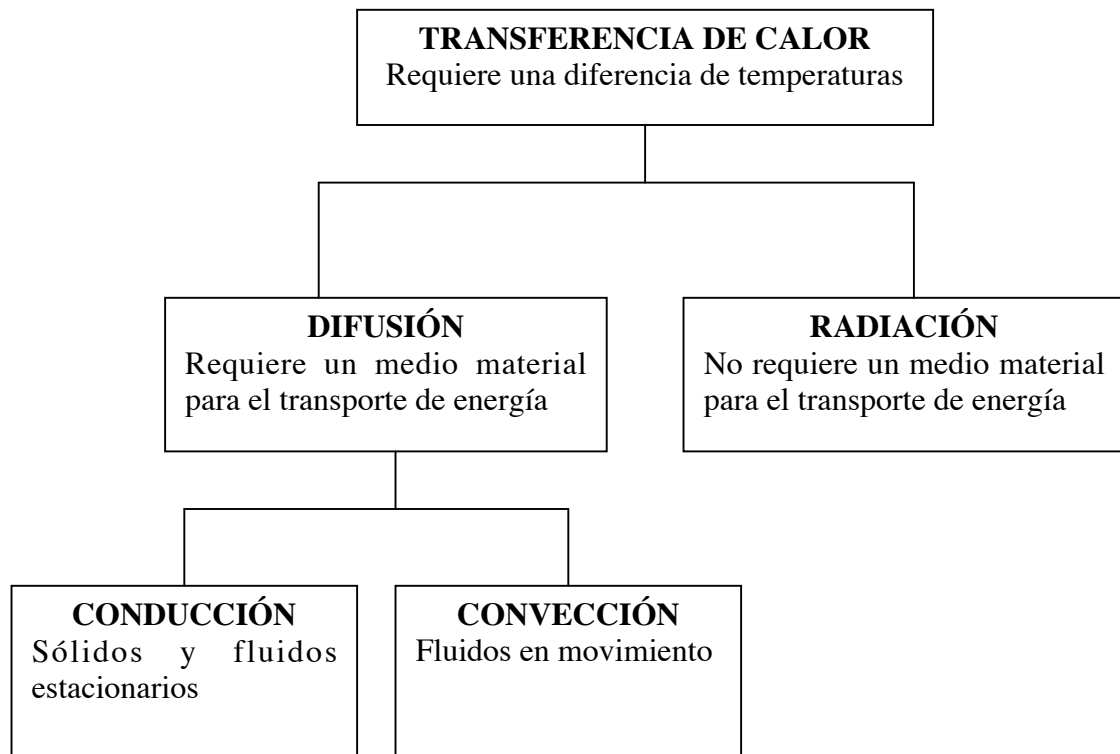


Figura 2.1 Diagrama que muestra los mecanismos de transferencia de calor [11].

2.2 Convección.

La transferencia de calor por convección se presenta por la energía transferida debido al movimiento aleatorio de las moléculas y al movimiento de bulto o volumen del fluido. El flujo de calor de o hacia la superficie sólida es proporcional a la diferencia de temperaturas entre la superficie sólida y el fluido. El coeficiente de proporcionalidad se conoce como coeficiente de convección y es definido por la ecuación (ley Newtoniana de enfriamiento) [11]:

$$q = h(T_s - T_f) \quad (2.1)$$

donde,

q : transferencia de calor por unidad de área [W/m^2]

T_s : temperatura de la superficie sólida [$^{\circ}\text{C}$]

T_f : temperatura del fluido [$^{\circ}\text{C}$]

h : coeficiente de convección [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]

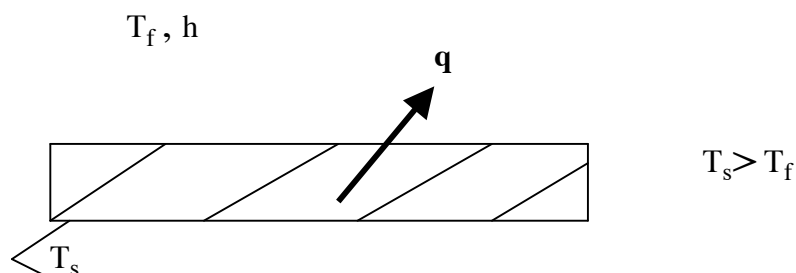


Figura 2.2 Placa horizontal adyacente a un fluido [11].

El coeficiente de convección no es una propiedad del fluido y depende de varios factores, principalmente la velocidad del fluido, el régimen de flujo, la geometría y las propiedades del fluido.

La transferencia de calor por convección es subdividida en convección forzada y convección natural. En la transferencia de calor por convección forzada, el movimiento del fluido es causado por una agencia externa, como una bomba o ventilador; el movimiento no depende en la diferencia de temperaturas de la superficie sólida y el fluido. En la mayoría de los casos las velocidades de los fluidos en convección forzada son mucho mayores a los que se presentan en convección natural. En la transferencia de calor por convección natural, el movimiento del fluido es causado por la diferencia en densidades que originan las fuerzas de flotación [11].

Tabla 2.1 Magnitud de coeficientes de transferencia de calor por convección [W/m^2C] [6].

Convección natural

Gases	2-25
Líquidos	50-10,000

Convección forzada

Gases 25-250

Líquidos 50-20,000

Convección por cambio de fase

2,500-100,000

Como se aprecia en la tabla, los coeficientes de convección en convección forzada, son usualmente mucho mayores que los que se presentan en convección natural debido a que la velocidad es uno de los principales factores que afectan a dicho coeficiente.

2.3 Números adimensionales.Número de Nusselt: (Nu)

Es el gradiente de temperatura adimensional en la superficie que provee una medida de la transferencia de calor convectiva en la superficie.

$$Nu = \frac{h L}{k} \quad (2.2)$$

donde,

h : coeficiente de convección [W/m²°C]

L : longitud característica [m]

k : coeficiente de conducción [W/m°C].

Número de Prandtl: (Pr)

Mide la efectividad relativa del transporte de momento y energía por difusión en la capa frontera de velocidad y térmica. Relación de la viscosidad y la difusividad térmica.

$$\text{Pr} = \frac{\mu}{\rho \alpha} \quad (2.3)$$

donde,

μ : viscosidad cinemática [m²/s]

α : difusividad térmica [m²/s]

Número de Grashof: (Gr)

Indica la relación de las fuerzas de flotación y viscosidad que actúan en un fluido.

$$\text{Gr} = \frac{g \beta \rho^2 \alpha T L^3}{\mu^2} \quad (2.4)$$

donde,

g : gravedad [m/s²]

β : coeficiente de expansión volumétrica termal [1/K].

ρ : densidad [Kg/m³]

μ : viscosidad [m²/s]

ΔT : diferencia de temperatura [°C]

L : longitud de la placa [m]

Número de Rayleigh: (Ra)

Refleja la transición en la capa límite .

$$Ra = Gr Pr \quad (2.5)$$

2.4 Interferometría.

“ La interferometría es una técnica por la cual deformaciones y pequeños movimientos de los objetos del orden de la longitud de onda de la luz (~0.5 micras) pueden detectarse a partir del análisis de interferencias luminosas. Sin embargo, en la interferometría clásica sólo es posible analizar superficies muy simples y pulidas lo que limita mucho sus posibilidades” [15]. La interferometría holográfica es una técnica muy poderosa y no es destructiva [16]. Surge por la combinación de la interferometría y holografía; al verse cuando al hacer un holograma el objeto se movía durante la exposición, la imagen reconstruida estaba surcada por un conjunto de líneas oscuras. Pronto se descubrió que la forma de estas líneas estaba relacionada con el movimiento que había tenido lugar y que

simplemente eran franjas de interferencia producidas al reconstruirse simultáneamente dos imágenes ligeramente distintas del objeto (aunque la diferencia entre ellas es tan pequeña que es imperceptible para el ojo) con luz coherente. De esta forma se pueden estudiar deformaciones en cualquier tipo de objetos y comparar estados de un objeto que tienen lugar en tiempos diferentes, lo que es imposible en la interferometría clásica. Otra ventaja es que no es necesario utilizar lentes y espejos de gran calidad óptica, como ocurre en la interferometría clásica. La interferometría holográfica es la aplicación técnica más importante de la holografía, ya que supone un método muy poderoso de análisis no destructivo. Debemos considerar, sin embargo que esta técnica es solamente útil cuando los desplazamientos estén comprendidos entre 1 y 100 micras y muchas veces no será aplicable precisamente por su elevada sensibilidad [15].

Tiempo real. En esta técnica se compara una imagen del objeto, generalmente en un estado no deformado, con el propio objeto en el que se van introduciendo diversos grados de deformación. Así, es posible investigar la dinámica de un proceso al mismo tiempo que se produce (tiempo real) y de forma continua. La principal

dificultad reside en que una vez revelada la placa fotográfica debe ser colocada exactamente en la misma posición que ocupaba durante la exposición. Por ello, se han desarrollado dispositivos que permiten revelar la placa y en la actualidad se utilizan otros medios de registro que no necesitan revelado tales como los foto polímeros. Este método es por ejemplo muy útil para estudiar corrientes de convección. En este caso a lo largo de las líneas que aparecen en el interferograma la temperatura es constante [15].

2.5 Capa límite térmica.

Es la región en donde los gradientes de temperatura están presentes en el flujo; estos gradientes de temperatura serán el resultado de un proceso de intercambio de calor entre el fluido y la pared.

A la región en donde la temperatura de un fluido cambia, de la temperatura en superficie de un sólido a la temperatura libre del torrente se le conoce como capa límite térmica.

2.6 ¿Qué longitud característica se debe tomar?

De los trabajos hechos sobre transferencia de calor, por convección natural sobre una placa horizontal se observa que la longitud característica, usada para obtener los coeficientes de convección, fue tomada en distintas formas por varios autores. Estas longitudes características que han sido tomadas carecen de un significado físico. Fujii e Imura (1972) tomaron como unidad característica el ancho de la placa, el cual sería la dimensión más pequeña [3]. ¿Porqué utilizar la dimensión mas pequeña de la placa como longitud característica? Por otro lado, McAdams (1954), Lloyd y Mora (1974), y Goldstein et al. (1973) utilizaron como longitud característica la relación del área de la superficie de la placa entre su perímetro [4] y [10]. ¿La relación de área y perímetro de la placa? Un significado más físico es tomar el espesor de la capa límite térmica como longitud característica.