

ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR TRANSITORIA POR CONDUCCIÓN Y RADIACIÓN COMBINADAS EN UN MEDIO PARTICIPANTE

ANALYSIS OF TRANSITORY HEAT TRANSFER BY CONDUCTION AND RADIATION COMBINED IN A PARTICIPATING MEDIUM

Daniel Rebollo, Esteban Rojos, Marisol Velasco, Federico Bocca y Rodolfo Rodrigo

*Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Departamento de Electromecánica,
Av. Libertador San Martín (Oeste) 1109, J5400ARL, San Juan, Argentina,
drebollo.de.fi.unsj@gmail.com*

Palabras clave: Radiación Térmica Combinada, Transitorio, Volúmenes Finitos

Resumen. En este trabajo se estudia la transferencia de calor, en estado no estacionario, por conducción y radiación combinadas en un medio semi transparente que absorbe, emite y dispersa anisotrópicamente la radiación térmica. Se consideran diferentes tipos de condiciones de borde (paredes opacas, transparentes y semitransparentes, isotérmicas y adiabáticas, negras y grises), varias funciones de dispersión anisotrópicas y un amplio rango de propiedades físicas del medio (conductibilidad térmica, calor específico, densidad, coeficiente de absorción y dispersión). Se estudia, además, la influencia de las condiciones iniciales en la velocidad de transferencia de calor combinado. Para realizar la simulación numérica se ha utilizado el método de los volúmenes finitos y el procedimiento numérico ha sido implementado en un programa de computadora que fue utilizado para obtener los resultados presentados en este trabajo. Las soluciones obtenidas han sido comparadas con resultados publicados, el análisis muestra que las soluciones presentadas en este trabajo son correctas y pueden ser extendidas a situaciones más complejas con un amplio margen de seguridad.

Keywords: Combined Thermal Radiation, Transient, Finite Volumes

Abstract. In this work, heat transfer in a non-stationary state, by conduction and radiation combined in a semi-transparent medium that absorbs, emits and disperses anisotropically thermal radiation is studied. Different types of boundary conditions are considered (opaque, transparent and semi-transparent, isothermal and adiabatic, black and gray walls), various anisotropic dispersion functions and a wide range of physical properties of the medium (thermal conductivity, specific heat, density, coefficient of absorption and dispersion). The influence of the initial conditions on the combined heat transfer rate is also studied. To perform the numerical simulation the finite volume method has been used and the numerical procedure has been implemented in a computer program that was used to obtain the results presented in this work. The solutions obtained have been compared with published results, the analysis shows that the solutions presented in this work are correct and can be extended to more complex situations with a wide margin of safety.

1. INTRODUCCIÓN

Existen muchos ejemplos de procesos que evolucionan en el tiempo donde el transporte de energía por conducción y radiación se desarrollan en forma combinada. Esta situación ha recibido mucha atención, por parte de los investigadores, en aplicaciones prácticas de transporte de energía en medios semitransparentes, en las que la conducción de calor y la radiación térmica ocurren simultáneamente en procesos transitorios. La importancia del transporte combinado de energía térmica puede ser apreciable en los hornos de fundición de vidrio. En estos fenómenos la radiación térmica juega un rol muy importante por lo que existe un gran interés en desarrollar modelos de análisis que permitan obtener resultados en forma rápida, precisa y económica (Asllanaj et al., 2004; Musella y Tschudi, 2005; Bermúdez et al., 2006; Daouas et al., 2008; Zhao et al., 2009; Ali et al., 2010; Yi et al., 2012; Dombrowsky, 2016).

Existe una gran cantidad de trabajos relacionados al estudio de la conducción y la radiación térmica combinadas en estado no estacionario, la mayoría de ellos son simulaciones numéricas donde se aplica una gran variedad de métodos numéricos. Estos métodos se caracterizan por su capacidad de manejar una gran variedad de configuraciones geométricas y térmicas. Los primeros trabajos publicados en los cuales se han considerado problemas no estacionarios de conducción y radiación combinadas aparecen en la década de 1960 y se caracterizan por aplicar métodos analíticos, o semi analíticos, en geometrías planas. Durante la década de 1990 y principios de 2000 se comienzan a aplicar métodos numéricos aproximados en placas, simples y compuestas, con variedades de condiciones de bordes (Siegel, 1996a y 1996b; Tan et al., 1999; Bianco et al., 2001; Lazard et al., 2001; Chu et al., 2002; Tan et al., 2003; Tan et al., 2004; Asllanaj et al., 2007; Yi et al., 2008; Yi et al., 2009). A partir de 2005 comienzan a publicarse trabajos donde el problema transitorio de la conducción y radiación combinadas se desarrollan en geometrías bidimensionales (Mishra et al., 2005; Lacroix et al., 2006; Henshall y Palmer, 2008; Han et al., 2009; Chaabane et al., 2011a,b; Zhang et al., 2013,2014; Sasmal y Mishra, 2014; Ma et al., 2017; Cintolesi et al., 2017).

De la revisión bibliográfica presentada se desprende que existe un marcado interés en desarrollar herramientas computacionales que permitan predecir la transferencia de calor, en estado no estacionario, combinada por conducción y radiación térmica en geometrías multidimensionales. Estas herramientas computacionales pueden ser usadas para facilitar el cálculo y diseño de dispositivos industriales, análisis y estudio de fenómenos ambientales y en todas las situaciones en la que estén involucrado el transporte de calor por modos combinados.

2. FORMULACIÓN MATEMÁTICA

El modelo matemático que representa la transferencia de calor por conducción y radiación combinadas en estado no estacionario está formado por la ecuación de la energía (1), la cual viene dada en forma independiente del sistema de coordenadas (Brewster, 1992; Modest, 1993; Siegel y Howell, 1992), como

$$\rho c_e \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) - \nabla \cdot \vec{q}_r + \dot{q} \quad (1)$$

en la que ρ es la densidad, c_e el calor específico, k es la conductividad térmica, T la temperatura, t el tiempo, \dot{q} la fuente interna de generación de calor, \vec{q}_r el flujo de calor radiante y $\nabla \cdot \vec{q}_r$ la divergencia del flujo radiante, dadas por

$$\vec{q}_r = \int_{\omega=0}^{4\pi} i \vec{s} d\omega \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{q}_r = \kappa(4\pi i_b - G) \quad (2,3)$$

en esta ecuaciones i es la intensidad de radiación térmica, \vec{s} es el versor de la dirección angular, ω el ángulo sólido, κ el coeficiente de absorción, i_b la intensidad de radiación térmica del cuerpo negro y G la radiación incidente, las cuales vienen dadas por

$$i_b = \frac{\sigma T^4}{\pi} \quad G = \int_{\omega=0}^{4\pi} i d\omega \quad (4,5)$$

donde σ es la constante de Stefan–Boltzmann.

La intensidad de radiación térmica se obtiene resolviendo la ecuación (6) del transporte radiante para un medio gris, absorbente y dispersante (Brewster, 1992; Modest, 1993; Siegel y Howell, 1992), la cual se expresa como

$$\frac{1}{c} \frac{\partial i}{\partial t} + \vec{s} \cdot \vec{\nabla} i = -\beta i + \kappa i_b + \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_{\omega=0}^{4\pi} i \Phi d\omega \quad (6)$$

en la que c es la velocidad de la luz, σ_s es el coeficiente de dispersión, β es el coeficiente de extinción y Φ la función de dispersión, dadas por:

$$\Phi(\mu) = 1 + \sum_{m=1}^M A_m P_m(\mu) \quad \beta = \kappa + \sigma_s \quad (7,8)$$

donde P_m son los polinomios de Legendre, A_m son los coeficientes de estos polinomios, M es el orden de los polinomios, μ el coseno del ángulo formado entre las direcciones de intensidad de radiación térmica entrante y saliente. En trabajos anteriores (Rebollo, 2007; 2008a; 2009b) se puede encontrar la metodología de cálculo de la función de dispersión usando una expansión en serie de los polinomios de Legendre.

La condición de borde para superficies radiantes grises, opacas, difusas e isotérmicas se puede escribir como (Brewster, 1992; Modest, 1993; Siegel y Howell, 1992):

$$i_w^l = \epsilon_w i_{b,w} + \frac{\rho_w H_w}{\pi} \quad H_w = \int_{\vec{s}^k \cdot \vec{n}_w < 0} i_w^k |\vec{s}^k \cdot \vec{n}_w| d\omega^k \quad (9,10)$$

donde el subíndice w representa la pared, el superíndice l representa la dirección de la radiación emitida por la pared, ϵ es la emisividad de la pared, ρ la reflectividad de la pared, i_b es la intensidad de radiación del cuerpo negro, emitida por la pared, y H es la irradiación hemisférica, es decir, el flujo de calor radiante incidente en la pared, donde \vec{n} es la normal unitaria a la pared y k representa la dirección de la radiación incidente en la pared.

En todos los problemas analizados en este trabajo, se supone que las superficies de la cavidad son grises y difusas. La rugosidad de la superficie y la deposición de productos de la combustión hacen que esta suposición sea válida en muchas aplicaciones de la ingeniería.

El término transitorio de la ecuación (1) se resuelve usando un esquema totalmente implícito mientras que el término transitorio de la ecuación (6), al estar dividido por la velocidad de la luz, resulta despreciable. La escala de tiempo de la radiación, comparada con la de la conducción, resulta muy pequeña, por lo que se desprecian los efectos transitorios del transporte radiante, es decir, que el equilibrio termodinámico local se considera que es instantáneo (Brewster, 1992; Modest, 1993; Siegel y Howell, 1992).

La formulación matemática de la ecuación (1) de la energía junto con la ecuación (6) de la transferencia radiante están dadas en forma vectorial independiente del sistema de coordenadas adoptado. La formulación matemática, en coordenadas cartesianas, cilíndricas y

esféricas de la ecuación de la transferencia radiante, ya fue presentada en trabajos anteriores por lo que no será incluida en este trabajo (Rebollo et al., 2013; 2014; 2016).

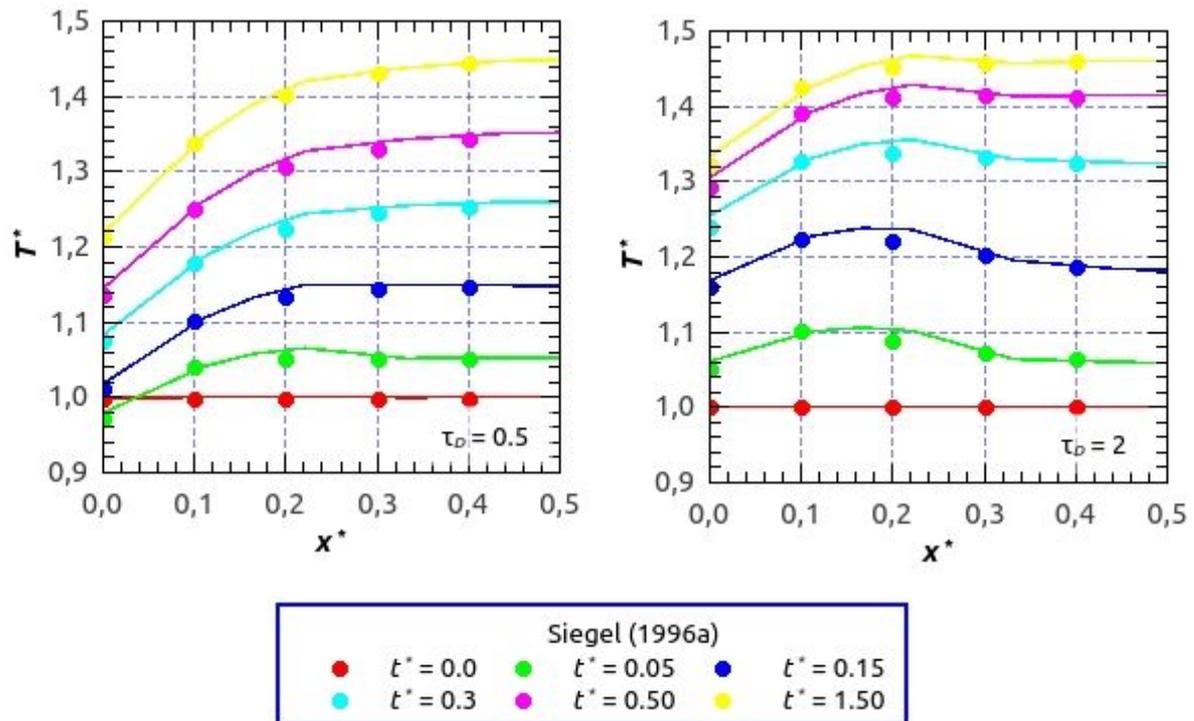


Figura 1: Influencia del espesor óptico en la distribución de temperatura transitoria en una placa, expuesta a un calentamiento radiante y a un enfriamiento convectivo, comenzando con una temperatura inicial uniforme, con $\tau_D = 0.5; 2$, $N = 0.1$, $q_{r0}^* = q_{r1}^* = 1.5^4$, $h_0^* = h_1^* = 1$, $T_{f0}^* = T_{f1}^* = 0.5$.

Toda la formulación matemática presentada en este trabajo está basada en la suposición de comportamiento gris del medio participante, es decir, independiente de la longitud de onda de la radiación térmica. En trabajos previos (Rebollo, 2008b; 2009a; Rebollo et al. 2010; Rebollo y Rodríguez, 2011) se han presentados diferentes modelos para el tratamiento de gases no grises, los cuales no han sido implementados en este trabajo.

Para resolver la ecuación (1) de la conducción y radiación combinadas, junto con la ecuación (6) de la transferencia radiante se ha usado el Método de los Volúmenes Finitos, el cual ha sido descrito en trabajos previos (Rebollo, 2007; 2009b; 2013; 2014) usando discretización espacial para la ecuación de la conducción radiación (1) y una doble, espacial y angular, para la ecuación (6) de la transferencia radiante.

3. RESULTADOS

En esta sección se hace una breve descripción de las configuraciones geométricas y térmicas analizadas en este trabajo, las cuales fueron propuestas por algunos autores hace ya algún tiempo, y reproducidas a lo largo de los años en muchos trabajos publicados, por lo que se han transformado en configuraciones clásicas. Se presentan los resultados obtenidos al reproducir estas diferentes configuraciones térmicas, se hace un muy breve análisis de resultados y se comparan resultados.

Todos los resultados fueron obtenidos en el sistema internacional de medidas, pero son presentados en la misma forma que fueron publicados en los trabajos originales, por lo que, para facilitar la comprensión del lector, se describen los parámetros adimensionales comúnmente presentes en la mayoría de los trabajos originales. Entre los parámetros

adimensionales más comunes se encuentra el albedo de dispersión y el espesor óptico

$$\Omega = \frac{\sigma_s}{\beta} \quad \tau_x = \beta x \quad (11,12)$$

el coeficiente de convección adimensional y el flujo de calor adimensional

$$h^* = \frac{h}{\sigma T_i^3} \quad q^* = \frac{q}{\sigma T_i^4} \quad (13,14)$$

el parámetro conducción-radiación

$$N = \frac{k}{4\sigma T_i^3 D} \quad (15)$$

la temperatura adimensional

$$T^* = \frac{T}{T_i} \quad (16)$$

el tiempo adimensional

$$t^* = \frac{4\sigma T_i^3}{\rho c_e D} t \quad (17)$$

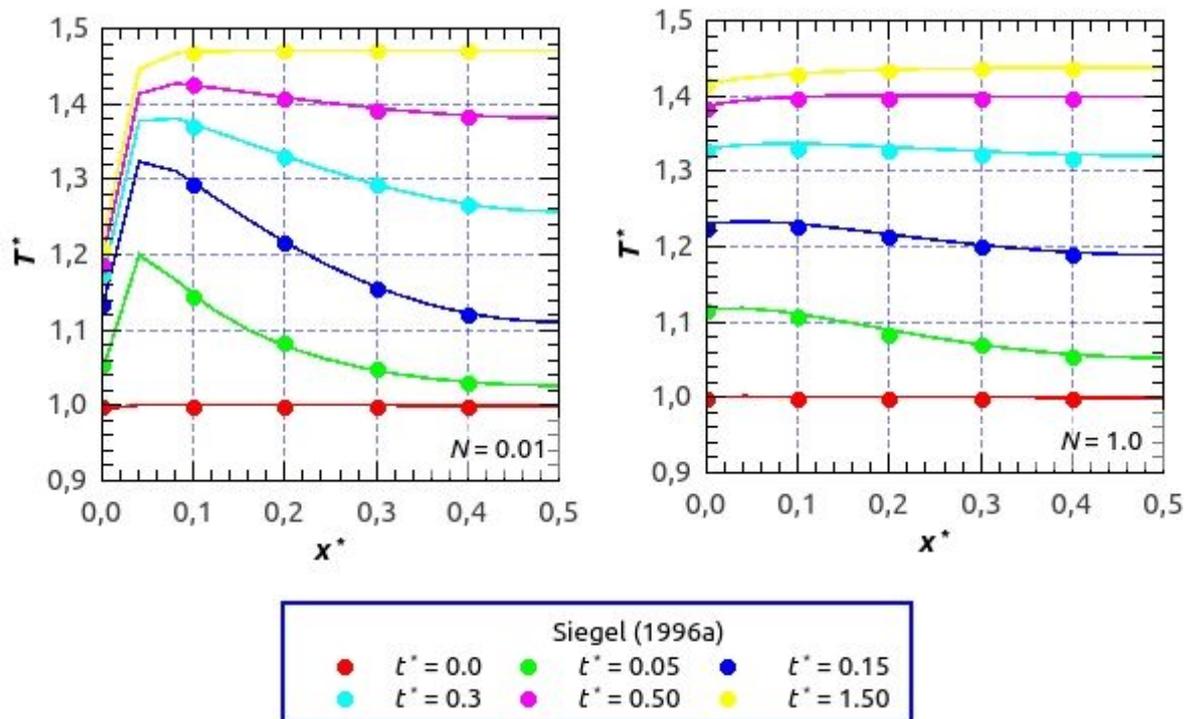


Figura 2: Influencia del parámetro conducción-radiación en la distribución de temperatura transitoria en una placa, expuesta a un calentamiento radiante y a un enfriamiento convectivo, comenzando con una temperatura inicial uniforme, con $\tau_D = 5$, $N = 0.01; 1$, $q_{r0}^* = q_{r1}^* = 1.5^4$, $h_0^* = h_1^* = 1$, $T_{f0}^* = T_{f1}^* = 0.5$.

en estos parámetros adimensionales x, y representan las coordenadas espaciales, D la longitud característica, h el coeficiente de convección, T_i la temperatura absoluta inicial, q el flujo de calor y t el tiempo. Para una descripción más detalladas de las configuraciones geométricas, térmicas y parámetros adimensionales utilizados se recomienda al lector recurrir a las publicaciones originales.

En esta sección se muestran las distribuciones de temperatura, para diferentes instantes de tiempo, en una placa plana de espesor D con condiciones de frontera radiante y convectiva, sin generación interna de calor, con una distribución de temperatura uniforme en el instante inicial y con dispersión isotrópica. Para los resultados en las Figuras 1 a 3, la radiación externa y las condiciones de convección son simétricas en ambos lados de la placa, por lo que las distribuciones de temperatura transitorias son simétricas y se muestran para la mitad de la placa. Los resultados se dan en seis instantes de tiempo durante el período transitorio, el primero corresponde a la condición inicial y para el último se considera que se alcanza el estado estacionario. Algunos de los resultados para tiempos mayores al último se verificaron con cálculos de estado estable y se obtuvo excelente concordancia.

Las Figuras 1 a 3 muestran las distribuciones de temperaturas transitorias en una placa sometida, repentinamente, en ambos lados, a un ambiente radiante de temperatura T_a más alta que la inicial T_i , con $q_{r0}^* = q_{r1}^* = 1.5^4$, y a un enfriamiento por convección desde un fluido con temperaturas $T_{f0}^* = T_{f1}^* = 0.5$ más bajas que la inicial T_i .

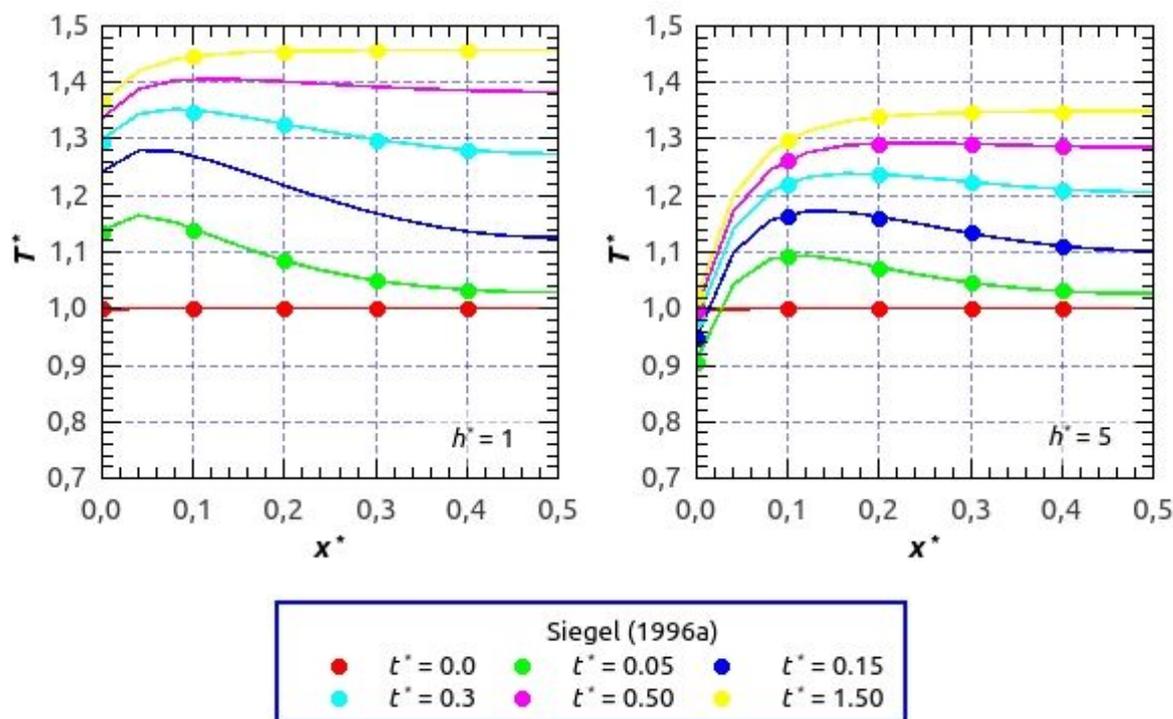


Figura 3: Influencia de la convección externa en la distribución de temperatura transitoria en una placa, expuesta a un calentamiento radiante y a un enfriamiento convectivo, comenzando con una temperatura inicial uniforme, con $\tau_D = 5$, $N = 0.1$, $q_{r0}^* = q_{r1}^* = 1.5^4$, $h_0^* = h_1^* = 1; 5$, $T_{f0}^* = T_{f1}^* = 0.5$.

En al Figura 1 se observa que para un espesor óptico $\tau_D = 0.5$, la placa es ópticamente delgada, y los efectos de la radiación están limitados por una pequeña absorción, para $\tau_D = 2$, la radiación puede penetrar en toda la placa, pero hay una absorción significativa en la zona próxima a la frontera lo que incrementa la temperatura de la placa, la placa es ópticamente gruesa y la mayor absorción de radiación externa incrementa la temperatura de la placa en la zona cercana a la frontera. Es tan importante la absorción de radiación próxima a la frontera, que en la zona media de la placa la temperatura llega a disminuir con el incremento del espesor óptico y los máximos de temperatura se aproximan a la frontera de la placa con el crecimiento el espesor óptico. A medida que el tiempo avanza, se observa que la temperatura en el interior de la placa tiende a ser más uniforme, producto de la conducción, y esta

tendencia se hace más evidente con el aumento del espesor óptico.

La Figura 2 muestra la influencia del parámetro conducción-radiación para $\tau_D = 5$, $q_{r0}^* = q_{r1}^* = 1.5^4$, $h_0^* = h_1^* = 1$, $T_{f0}^* = T_{f1}^* = 0.5$. El incremento del parámetro conducción-radiación representa un incremento de la conducción, por lo que para $N = 0.01$ se puede apreciar que la radiación se impone a la conducción, y la distribución de temperatura es semejante al mostrado en la Figura 1. Para $N = 1.0$ se observa que la distribución de temperatura es más uniforme con el avance del tiempo, el efecto de la radiación es despreciable frente a la conducción y la distribución de temperatura es totalmente uniforme en cada instante de tiempo.

En la Figura 3 se aprecia la influencia de la convección externa para $\tau_D = 5$, $N = 0.1$, $q_{r0}^* = q_{r1}^* = 1.5^4$, $T_{f0}^* = T_{f1}^* = 0.5$. Se observa como el incremento del coeficiente de convección origina un fuerte descenso de la temperatura en la frontera de la placa, en todos los instantes de tiempo, y además, se destaca el incremento de los gradientes de temperatura adyacentes a la frontera. También se aprecia como las temperaturas disminuyen con el incremento de enfriamiento convectivo. Las temperaturas en la zona media de la placa se van haciendo uniforme conforme avanza el tiempo, debido al efecto de la conducción.

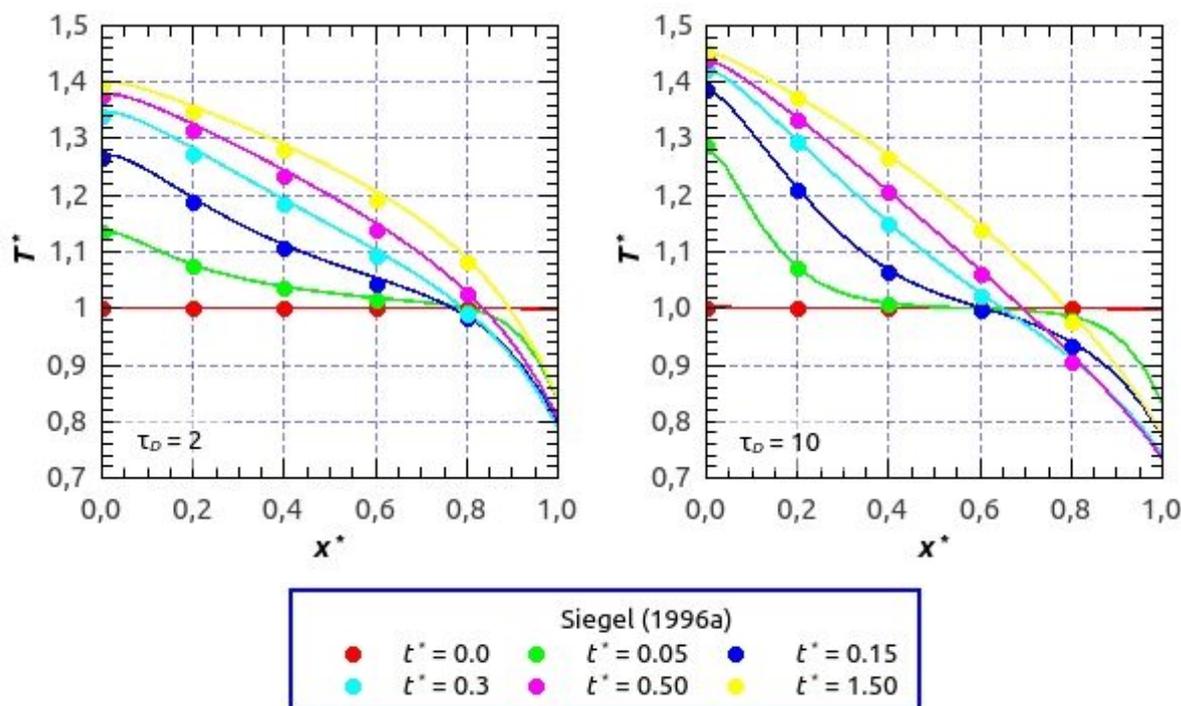


Figura 4: Influencia del espesor óptico en la distribución de temperatura transitoria en una placa, expuesta a un calentamiento radiante en un extremo, sin convección, y a un calentamiento radiante y enfriamiento convectivo, en el otro extremo, comenzando con una temperatura inicial uniforme, con $\tau_D = 2; 10$, $N = 0.1$, $q_{r0}^* = 1.5^4$, $T_{a1}^* = 0.5$, $h_0^* = 0$, $h_1^* = 1$, $T_{f1}^* = 0.5$.

Para la Figura 4 cambian las condiciones de frontera en la placa, dejan de ser simétricas, por lo que las distribuciones de temperatura se muestran para todo el ancho de la placa. La placa es calentada por radiación, sin enfriamiento convectivo, en $x^* = 0$, siendo esta la frontera caliente. La frontera fría, en $x^* = 1$, es enfriada por radiación y convección. En la Figura 4 se observa la influencia del espesor óptico para $N = 0.1$, $q_{r0}^* = 1.5^4$, $T_{a1}^* = 0.5$, $h_0^* = 0$, $h_1^* = 1$, $T_{f1}^* = 0.5$. Se advierte el incremento (disminución) de la temperatura en la frontera caliente (fría) con el aumento de del espesor óptico en todos los instantes de tiempo, también se

observa el mayor incremento (disminución) de temperatura en la frontera caliente (fría) en el primer instante de tiempo, y como este incremento disminuye en los instantes posteriores con el incremento del espesor óptico. Es importante destacar que en la frontera caliente, al no haber convección, las distribuciones de temperatura se curvan tendiendo a ser horizontales, debido a que el gradiente de temperaturas debe ser nulo en la frontera caliente.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha desarrollado un código computacional para el cálculo de la transferencia de calor transitoria por conducción y radiación combinadas en una placa plana de paredes grises, difusas y reflectantes, rellenas con un medio conductor, gris, absorbente, emisor y anisotrópicamente dispersante.

Se ha utilizado el método de los volúmenes finitos para resolver las ecuaciones de la conducción y de la transferencia radiante junto con una expansión de los polinomios de Legendre para tener en cuenta los efectos de la dispersión anisotrópica.

El término transitorio de la ecuación de la energía, ha sido resuelto usando un esquema totalmente implícito.

Se han reproducido una gran variedad de configuraciones geométricas y térmicas existentes en la literatura y se ha evaluado la influencia de los parámetros radiantes más importantes.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los resultados existentes en la literatura, donde se han usado métodos numéricos diferente para resolver las ecuaciones de la conducción del calor y de la transferencia radiante.

De la comparación de resultados se puede concluir que las herramientas computacionales desarrolladas en este trabajo proporcionan resultados con un grado de precisión aceptable.

El análisis de resultados permite concluir que la metodología de cálculo, desarrollada en este trabajo, se puede aplicar a configuraciones térmicas, no incluidas en este estudio, con un amplio margen de seguridad.

Se ha verificado nuevamente la capacidad del método de los volúmenes finitos para resolver problemas de transferencia de calor y radiación térmica combinadas en estado no estacionario, siendo totalmente confiable y preciso para resolver las configuraciones térmicas analizadas en este trabajo.

Referencias

- Ali S.F., Delattre C., Rafaralahy H., Didier G., Jeandel G., Boutayeb M., Control of Transient Coupled Radiative-conductive Heat Transfer Equation. *IFAC*, 43, 8, 424-429, 2010.
- Asllanaj F., Jeandel G., Roche J.R., Lacroix D., Transient combined radiation and conduction heat transfer in fibrous media with temperature and flux boundary conditions. *IJTS*, 43, 10, 939-950, 2004.
- Asllanaj F., Brige X., Jeandel G., Transient combined radiation and conduction in a one dimensional non gray participating medium with anisotropic optical properties subjected to radiative flux at the boundaries. *JQSRT*, 107, 1, 17-29, 2007.
- Bermúdez A., Leira R., Muñiz M.C., Pena F., Numerical modelling of a transient conductive radiative thermal problem arising in silicon purification. *FEAD*, 42, 10, 809-820, 2006.
- Bianco N., Manca O., Naso V., Transient conductive-radiative numerical analysis of multilayer thin films heated by different laser pulses. *IJTS*, 40, 11, 959-968, 2001.
- Brewster M.Q., *Thermal radiative transfer and properties*, John Wiley & Sons, 1992.

- Chaabane R., Askri F., Ben Nasrallah S., Analysis of two-dimensional transient conduction radiation problems in an anisotropically scattering participating enclosure using the lattice Boltzmann method and the control volume finite element method. *CPC*, 182, 7, 1402-1413, 2011a.
- Chaabane R., Askri F., Ben Nasrallah S., Parametric study of simultaneous transient conduction and radiation in a two-dimensional participating medium. *CNSNS*, 16, 10, 4006-4020, 2011b.
- Chu H.S., Lin S., Lin C.H., Non-Fourier heat conduction with radiation in an absorbing, emitting, and isotropically scattering medium. *JQSRT*, 73, 6, 571-582, 2002.
- Cintolesi C., Nilsson H., Petronio A., Armenio V., Numerical simulation of conjugate heat transfer and surface radiative heat transfer using the thermal radiation model: Parametric study in benchmark cases. *IJHMT*, 107, 956-971, 2017.
- Daouas N., Fguiri A., Radhouani M.S., Solution of a coupled inverse heat conduction-radiation problem for the study of radiation effects on the transient hot wire measurements. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32, 8, 1766-1778, 2008.
- Dombrovsky L.A., A new method to retrieve spectral absorption coefficient of highly-scattering and weakly-absorbing materials. *JQSRT*, 172, 75-82, 2016.
- Han S.H., Baek S.W., Kim M.Y., Transient radiative heating characteristics of slabs in a walking beam type reheating furnace. *IJHMT*, 52, 3-4, 1005-1011, 2009.
- Henshall P., Palmer P., A leapfrog algorithm for coupled conductive and radiative transient heat transfer in participating media. *IJTS*, 47, 4, 388-398, 2008.
- Lacroix D., Berour N., Boulet P., Jeandel G., Transient radiative and conductive heat transfer in non-gray semitransparent two-dimensional media with mixed boundary conditions. *HMT*, 42, 4, 322 - 337, 2006.
- Lazard M., André S., Maillet D., Transient coupled radiative-conductive heat transfer in a gray planar medium with anisotropic scattering. *JQSRT*, 69, 1, 23-33, 2001.
- Ma J., Sun Y., Li B., Spectral collocation method for transient thermal analysis of coupled conductive, convective and radiative heat transfer in the moving plate with temperature dependent properties and heat generation. *IJHMT*, 114, 469-482, 2017.
- Mishra S.C., Lankadasu A., Beronov K.N., Application of the lattice Boltzmann method for solving the energy equation of a 2-D transient conduction-radiation problem. *IJHMT*, 48, 17, 3648-3659, 2005.
- Modest M.F., *Radiative heat transfer*, Mc Graw-Hill, 1993.
- Musella M., Tschudi H.R., Transient Radiative and Conductive Heat Transfer in Ceramic Materials Subjected to Laser Heating. *IJT*, 26, 4, 981-999, 2005.
- Rebollo D., Simulación Numérica de la Radiación Térmica con Dispersión Anisotrópica de Mie mediante el Método de los Volúmenes Finitos, XVI ENIEF, Córdoba, Argentina, 2007.
- Rebollo D., Análisis de la radiación térmica con dispersión anisotrópica en placas planas, I CAIM, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2008a.
- Rebollo D., Simulación numérica de la radiación térmica de gases no grises en cavidades multidimensionales, XVII ENIEF, San Luis, Argentina, 2008b.
- Rebollo D., Simulación numérica de la radiación térmica de gases no grises en un medio plano, XVIII ENIEF, Tandil, Buenos Aires, Argentina, 2009a.
- Rebollo D., Análisis de la radiación térmica con dispersión anisotrópica de Mie en cavidades bidimensionales mediante el método de los volúmenes finitos, XVIII ENIEF, Tandil, Buenos Aires, Argentina, 2009b.

- Rebollo D., Olivera M., Romero C., Simulación numérica de la radiación térmica no gris del vapor de H₂O en un medio plano, II CAIM, San Juan, Argentina, 2010.
- Rebollo D., Rodriguez C., Análisis de la radiación térmica no gris del dióxido de carbono en un medio plano no isotérmico, XIX ENIEF, Rosario, Argentina, 2011.
- Rebollo, D.; Bocca, J. C.; Rodriguez, C. A., Aplicación del método de los volúmenes finitos al cálculo de la radiación térmica en cavidades cilíndricas, XX ENIEF, pags. 3243-3264, Mendoza, 2013.
- Rebollo, D.; Velasco M.; Rodrigo, R. H., Análisis de la radiación térmica en cavidades cilíndricas rellenas con un medio participante, IV CAIM, Resistencia, Argentina, 2014a.
- Rebollo, D.; Velasco, M.; Bocca, J. C., Predicción de la radiación térmica en cavidades esféricas con el método de los volúmenes finitos, XXI ENIEF, Bariloche, Argentina, 2014b.
- Rebollo, Daniel ; Velasco, Marisol ; Bocca, José Carlos, Solución numérica de la transferencia de calor por conducción y radiación térmica combinadas en un medio cilíndrico participante, V CAIM, Santiago del Estero, Argentina, págs. 1617-1627, 2016a.
- Rebollo, Daniel; Velasco, Marisol; Bocca, Federico; Análisis numérico de la transferencia de calor por conducción y radiación térmica combinadas en un medio esférico participante, XXII ENIEF, Córdoba, República Argentina, págs. 1907-1924, 2016b.
- Sasmal A., Mishra S.C., Analysis of non-Fourier conduction and radiation in a differentially heated 2-D square cavity. *IJHMT*, 79, 116-125, 2014.
- Siegel R., Howell J. R., *Thermal Radiation Heat Transfer*, Taylor & Francis, 1992.
- Siegel R., Transient heat transfer in a semitransparent radiating layer with boundary convection and surface reflections. *IJHMT*, 39, 1, 69-79, 1996a.
- Siegel R., Two-flux method for transient radiative transfer in a semi transparent layer. *IJHMT*, 39, 5, 1111-1115, 1996b.
- Tan H., Ruan L., Xia X., Yu Q., Tong T.W., Transient coupled radiative and conductive heat transfer in an absorbing, emitting and scattering medium. *IJHMT*, 42, 15, 2967-2980, 1999.
- Tan H.P., Luo J.F., Xia X.L., Yu Q.Z., Transient coupled heat transfer in multilayer composite with one specular boundary coated. *IJHMT*, 46, 4, 31-747, 2003.
- Tan H.P., Yi H.L., Wang P.Y., Ruan L.M., Tong T. W., Ray tracing method for transient coupled heat transfer in an anisotropic scattering layer. *IJHMT*, 47, 19-20, 4045-4059, 2004.
- Yi H.L., Wang C.H., Tan H.P., Zhou Y., Radiative heat transfer in semitransparent solidifying slab considering space-time dependent refractive index. *IJHMT*, 55, 5-6, 1724-1731, 2012.
- Yi H.L., Xie M., Tan H.P., Transient coupled heat transfer in an anisotropic scattering composite slab with semitransparent surfaces. *IJHMT*, 51, 25-26, 5918-5930, 2008.
- Yi H.L., Zhang H.C., Tan H.P., Transient radiation and conduction heat transfer inside a plane-parallel participating gray medium with boundaries having different reflecting characteristics. *JQSRT*, 110, 18, 1978-1992, 2009.
- Zhang Y., Yi H.L., Tan H.P., Natural element method for radiative heat transfer in a semitransparent medium with irregular geometries. *JCP*, 241, 18-34, 2013.
- Zhang Y., Yi H.L., Tan H.P., Natural element method analysis for coupled radiative and conductive heat transfer in semitransparent medium with irregular geometries. *IJTS*, 76, 30-42, 2014.
- Zhao S.Y., Zhang B.M., Du S.Y., An inverse analysis to determine conductive and radiative properties of a fibrous medium. *JQSRT*, 110, 13, 1111-1123, 2009.