



“Análisis Numérico de una Novedosa Topología para Disipar Altos Flujos de Calor en Procesadores Computacionales”

Araceli Lopez Badillo | Licenciatura en Ingeniería Mecánica
a.lopezbadillo@ugto.mx

Erick M. Nava-Arriaga | Maestría en Ingeniería Mecánica
erick_martin_nava_arriaga@hotmail.com

J. Luis Luviano-Ortiz | Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato
luis.luviano@ugto.mx

Abel Hernandez-Guerrero | Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato
abel@ugto.mx

Resumen

Actualmente, se ha vuelto indispensable el uso de dispositivos electrónicos computacionales, en diversas áreas con aplicaciones y necesidades distintas. En los dispositivos electrónicos actuales, existe una mayor densidad de circuitos, con una alta velocidad de operación; lo que conlleva un incremento en la generación de calor afectando su funcionamiento óptimo. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del análisis numérico computacional de dos disipadores de calor, con superficie lisa y con un diseño topológico propuesto, inmersos en un reservorio, asistido por software de Dinámica de Fluidos Computacional, CFD. El objetivo del análisis es el comportamiento termo-hidráulico del fluido en perforaciones semiesféricas a lo largo del disipador. Además, se analiza la temperatura máxima, la caída de presión y los vectores de velocidad del fluido de los disipadores de calor. El fluido de trabajo es agua con un flujo másico de $\dot{m} = 7.6 \text{ g/s}$ a 298 K, logrando disipar 200 W en un área de $37.5 \times 37.5 \text{ mm}$. Se encontró que el disipador con el arreglo aleatorio con perforaciones muestra una menor caída de presión en comparación con el de superficie lisa, lo cual conlleva a tener un mayor ahorro energético, así mismo, también muestra un mejor enfriamiento.



Introducción

A través de los años los sistemas computacionales han tenido un avance significativo, haciendo posible realizar múltiples tareas de forma rápida y eficiente. Como consecuencia la Unidad Central de Procesamiento (CPU) ha tomado relevancia debido a la demanda de potencia que actualmente se requiere, convirtiéndola en un elemento indispensable para los sistemas de cómputo potentes.

La tendencia en el diseño de dispositivos electrónicos apunta a tener cada vez más dispositivos compactos, fácil de transportar y manejar; debido a esto los procesadores son cada vez de menor tamaño y de alta potencia, lo que genera un sobrecalentamiento afectando directamente su rendimiento y vida útil [1].

Esta problemática ha llevado a un gran análisis e investigación sobre disipadores de calor para equipos de cómputo, buscando mejorar la remoción de calor los dispositivos electrónicos, para así mantenerlos dentro de los rangos de sus condiciones óptimas y seguras de operación.

Ayub et al. [2] realizaron un análisis experimental con la finalidad de generar una mayor área de transferencia de calor, probando varios disipadores de calor de cobre. En sus experimentos obtuvieron temperaturas del orden de 333.5 K en la base inferior del procesador, con disipaciones de calor de 325 W.

Objetivos

La finalidad del proyecto es analizar mediante un modelo asistido por la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés), la capacidad para remover la potencia suministrada al disipador de calor. Para ello, se analiza el desempeño térmico de dicho disipador mediante el comportamiento del fluido a lo largo de las perforaciones sobre la placa disipadora, así como la caída de presión



y la perturbación que se genere en el fluido, ya que esto contribuye a la transferencia de energía.

Justificación

Un disipador de calor es un dispositivo cuya finalidad es remover rápida, precisa y eficientemente la mayor cantidad de energía, en este caso calor, de un dispositivo generador de calor, llevándolo o manteniéndolo en condiciones óptimas y seguras de operación. En las computadoras, los disipadores de calor se utilizan para enfriar las unidades centrales de procesamiento o los procesadores gráficos. Conforme el avance del tiempo y la tecnología, el trabajo de la Unidad Central de Procesamiento (CPU) ha crecido y se ha vuelto cada vez más potente, tomando una gran relevancia en los sistemas computacionales actuales [1].

Actualmente, se ha vuelto indispensable el uso de dispositivos electrónicos computacionales, en diversas áreas con aplicaciones y necesidades distintas. Hoy en día, desde personas comunes hasta grandes empresas, requieren de dispositivos electrónicos eficaces para obtener el mayor rendimiento en su campo de acción.

Los grandes avances tecnológicos han propiciado que dentro de los dispositivos electrónicos exista una mayor densidad de circuitos, con una alta velocidad de operación; lo que conlleva un incremento en la generación de calor del orden de 100 W/cm^2 , como consecuencia de que el principal enfoque sea hacer dispositivos de mucho menor tamaño, pero con gran capacidad de procesamiento [3]. Esta situación trae como consecuencia la necesidad de buscar una alta disipación de energía en los distintos componentes de los dispositivos electrónicos, procurando mantener el control térmico, cuyo objetivo es conservar a cada uno de los componentes por debajo de su temperatura de operación máxima permisible. Así también, un factor importante a considerar es la temperatura de unión del chip, debido a que representa una limitante en el funcionamiento y la vida útil del dispositivo electrónico [4].



Existen estudios sobre técnicas de disipación de calor que involucran geometrías atípicas para la disipación, considerándolas actualmente como un diseño efectivo que mejora la transferencia de calor en distintas aplicaciones industriales, como el enfriamiento de álabes en una turbina, el enfriamiento de distintos componentes microelectrónicos y el secado de papeles y textiles. Las placas disipadoras con perforaciones tienen un rendimiento significativo en la mejora de la transferencia de calor y una disminución de la resistencia al flujo [5].

Hoy por hoy, debido al aumento en la necesidad de disipar calor de dispositivos microelectrónicos, se realizan numerosos análisis en el campo de sistemas que disipan energía, tales como análisis numéricos y experimentales, que ayudan a determinar un óptimo sistema de disipación de energía, optimizando diseños con la finalidad de obtener una baja compensación en costos de materiales y de fabricación [6].

Metodología

Este trabajo consiste en un análisis numérico del fenómeno de perturbación de fluido y transferencia de calor, consecuentes del efecto de implementar perforaciones a lo largo del reservorio del disipador de calor; por lo cual, para llevar a cabo el análisis numérico, se requirió la implementación de un software especializado en análisis fluido–dinámico computacional y transferencia de calor (CFD), lo cual implica que las propiedades locales del flujo son calculadas numéricamente. Dicho software tiene la opción de seleccionar distintos métodos numéricos para la solución del problema, como son el método de elemento finito, volumen finito, entre otros. Para este caso, se utilizó el método de volumen finito, el cual involucra el esquema SIMPLE para la solución de las ecuaciones gobernantes, con Segundo Orden para Presión y Momento.

El problema consiste en el análisis termo-hidráulico del efecto que produce la implementación de perforaciones en el disipador de calor, enfocándonos en la perturbación o desestabilización que provocan las perforaciones en el fluido, buscando una contribución al aumento en la transferencia de energía. Para esto, se realiza un análisis numérico computacional y comparación entre dos

Vol. 6 (2019) 7º Encuentro de Jóvenes Investigadores



disipadores de calor, uno de superficie lisa y otro con perforaciones semiesféricas en la placa disipadora. Cada disipador cuenta con un área de 37.5×37.5 mm donde es aplicado un flujo de calor constante de 142 kW/m^2 . Las perforaciones semiesféricas se distribuyen sobre el área de flujo de calor, cuentan con un diámetro de 2 mm y una profundidad de 1 mm, con una distancia entre centros de 4 mm como separación entre una perforación y otra.

Los materiales que se usaron en la simulación de los disipadores de calor fueron cobre para el sólido y agua para el fluido; en la Tabla 1 se muestran las propiedades físicas de estos materiales.

Tabla 1. Propiedades físicas de los materiales.

Materiales	ρ_f y ρ_s (kg/m^3)	c_f ($\text{J/kg} \cdot \text{K}$)	k_f y k_s ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)	μ_f ($\text{kg/m} \cdot \text{s}$)
Agua	998.2	4182	0.6	0.001003
Cobre	8978	-----	387.6	-----

Primeramente, se comenzó analizando el efecto de la superficie lisa de la interfaz sólido-fluido por encima de la zona de flujo de calor en el disipador, como se muestra en la Figura 1. Posteriormente se propuso un ordenamiento aleatorio para introducir perforaciones en la interfaz sólido-fluido del disipador y ver el comportamiento del fluido.

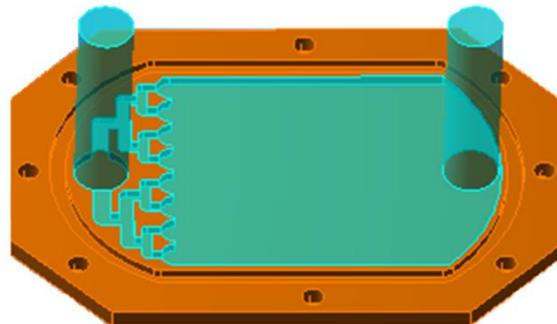


Figura 1. Disipador con superficie lisa.

Teniendo ya las geometrías en CAD, se procedió a mallarlas, para esto se utilizó un software especializado. Al tener la malla hecha para cada uno de los casos, se cargaron en un software de CFD para la solución de éstas. Las dos geometrías de



disipadores se simularon bajo las mismas condiciones, teniendo un flujo másico de entrada de $\dot{m} = 7.6 \text{ g/s}$ a 298 K . A la salida de cada disipador se impuso una condición de presión atmosférica y ambos tuvieron un área cuadrada de transferencia de calor de 37.5 mm por lado, disipando una potencia de 200 W .

Resultados

De la simulación, se obtuvieron contornos de temperatura y vectores de velocidad, esto para analizar el comportamiento del fluido en la placa con perforaciones. Para el disipador con superficie lisa se obtuvo el siguiente contorno de temperatura, mostrado en la Figura 2.

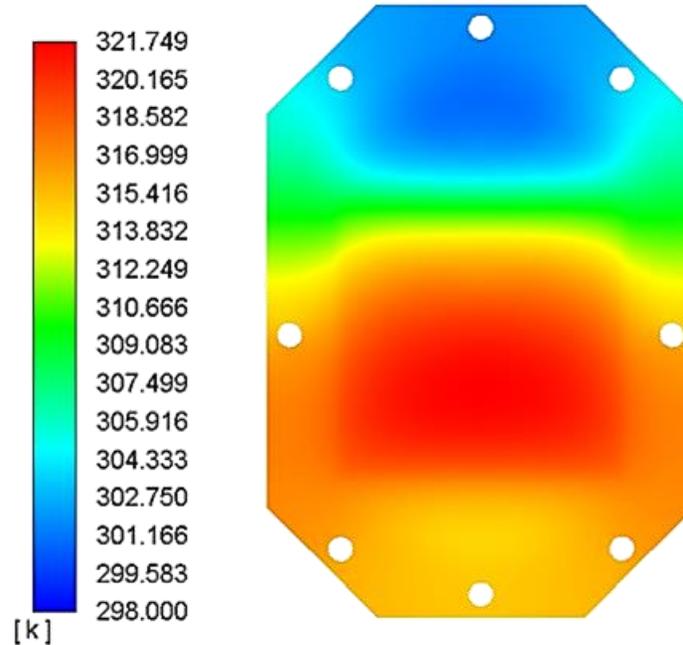


Figura 2. Contorno de temperatura del disipador de calor con superficie lisa.

Para el disipador de calor con las perforaciones colocadas aleatoriamente, se obtuvo el contorno de temperatura mostrado en la Figura 3. En la Figura 4, es posible observar que el fluido entra a la perforación, al tocar el fondo de ésta se calienta disminuyendo su densidad, lo que provoca que vuelva a subir hacia la superficie, generando un vórtice.

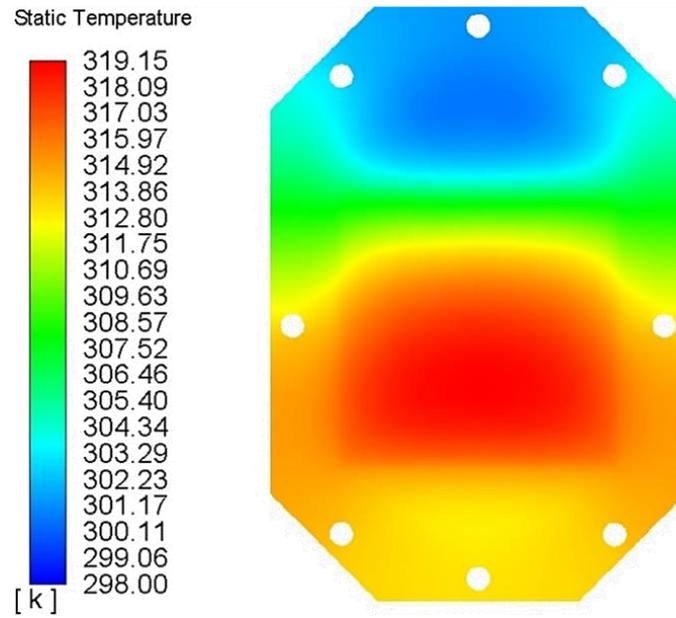


Figura 3. Contorno de temperatura del dissipador con arreglo aleatorio de perforaciones.

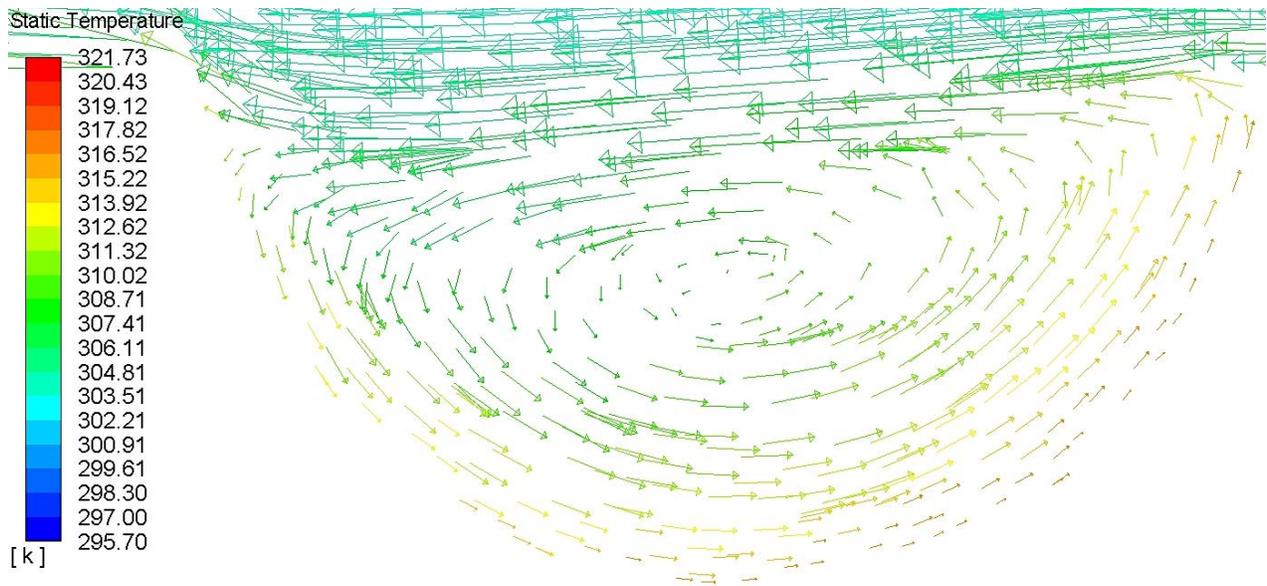


Figura 4. Vectores de velocidad dentro de la perforación.



Conclusiones

Los resultados obtenidos, bajo las consideraciones establecidas, muestran que las perforaciones tienen un efecto de vorticidad, desestabilizando el fluido. Sin embargo, se concluye que la profundidad de las perforaciones no es la óptima, dado que el fluido tiende a estancarse, lo que no contribuye a la transferencia de energía. Con esto, se tiene claro que el trabajo realizado tiene más por desarrollar, ya que sólo se realizó el análisis para una sola magnitud de flujo másico, para una misma dimensión de perforación y una misma profundidad de ésta; siendo estos parámetros de gran relevancia para el análisis de la desestabilización que se busca provocar en el fluido, para mejorar la capacidad de transferencia de calor del disipador.

Cabe resaltar que la temperatura máxima del disipador con superficie lisa fue de 321.75 K, mientras que la temperatura máxima del disipador con 85 perforaciones fue de 319.15 K, teniendo una diferencia de 2 K, lo que indica que las perforaciones contribuyen en la transferencia de calor. De igual forma se obtuvo que la caída de presión para el disipador con superficie lisa fue de 3.116 kPa y para el disipador con perforaciones fue de 3.012 kPa, por lo tanto, presenta una menor caída de presión, con una diferencia de 0.104 kPa, lo que conlleva a un ahorro energético.

Se planea continuar con la investigación, proponiendo distintas geometrías y dimensiones para las perforaciones, debido a que estos disipadores tienen aplicaciones potenciales en los nuevos sistemas de cómputo e incluso en dispositivos electrónicos.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia y amigos por todo el apoyo recibido. Al igual agradezco a mis asesores Dr. José Luis Luviano Ortiz y Dr. Abel Hernández Guerrero por su tiempo y la oportunidad de formar parte del equipo de investigación. De igual forma, agradezco al Ing. Erick Martín Nava Arriaga por su ayuda y asesoría en



este trabajo y a todos mis compañeros del grupo de investigación. Gracias a todas las personas mencionadas, se ha llegado hasta donde se está ahora.

Referencias

- [1] Nava-Arriaga, Erick M., Luviano-Ortiz, J. Luis, Hernández-Guerrero, Abel, Sciubba, Enrico. (2019) *“Análisis numérico de un novedoso disipador de calor con minicanales y distribuidor de flujo basado en la teoría Constructal.”* XXV Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica
- [2] Saad Ayub Jajja, Wajahat Ali, Hafiz Muhammad Ali, Aysha Maryam Ali. (2014). *“Water cooled minichannel heat sinks for microprocessor cooling: Effect of fin spacing.”* Applied Thermal Engineering 64. pp.76 - 82. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2013.12.007
- [3] García-González, J., Rubio-Jiménez, C. A., Hernández-Guerrero, A., Rubio-Arana, J. C. (2006). *“Análisis de Flujo y Transferencia de Calor en Microcanales para Diversas Configuraciones Geométricas.”* XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Acapulco.
- [4] Zúñiga-Cerroblanco, J. L., Hernández-Guerrero, A., Rubio-Arana, J. C., Solorio-Ordaz F. (2007). *“Disipación de Energía a Partir de la Variación de Parámetros Geométricos en Dispositivos Electrónicos.”* 4º Congreso Internacional, 2º Congreso Nacional de Métodos Numéricos en Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- [5] Yonghui, Xie., Huancheng, Qu and Di, Zhang. (2015). “Numerical investigation of Flow and heat transfer in rectangular - channel with tear drop dimple/protrusión.” *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 84. pp. 486 – 496. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.055>
- [6] Lee, Seri. (1995). “Optimum Design and Selection of Heat Sinks.” *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology-Part A*, Vol. 18, No. 4. Pp. 812 – 817. Doi: [10.1109/95.477468](https://doi.org/10.1109/95.477468)