

# MEDICIÓN EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN DISPOSITIVOS DE ENFRIAMIENTO LÍQUIDO CON PATRÓN DE FLUJO NO CONVENCIONAL

Alejandro Tello Sánchez (1), José Luis Luviano Ortiz (2)

1 [Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [a.tellos@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [luis.luviano@ugto.mx]

## RESUMEN

La importancia del estudio de geometrías de flujo no convencionales basadas en microcanales para aplicaciones en dispositivos electrónicos ha impulsado a los investigadores a crear novedosos sistemas de refrigeración, mediante métodos de manufactura costeables, con alto desempeño térmico y fluido-dinámico. En este reporte se muestran las mediciones de la variación de las temperaturas de un disipador de calor basado en la *teoría constructal* con respecto al flujo másico. El análisis consistió en aplicar un flujo de calor constante al disipador de calor constructal y censar sus temperaturas superficiales, posteriormente, se realizó la comparación de su capacidad térmica disipativa con disipadores comerciales. Para ello, se utilizó un banco de pruebas experimentales para disipadores de calor instrumentado con termopares; el sistema de refrigeración consistió de reservorio, bomba, disipador de calor y radiador. Así mismo, los datos fueron capturados mediante tarjetas de adquisición de datos (DAQ) y procesados para su interpretación. Los resultados muestran que el desempeño térmico del disipador constructal es mejor que los comerciales, al mismo tiempo que en ningún momento las temperaturas en el disipador constructal superan los 80 °C que es la temperatura máxima permisible.

## Abstract

The importance of studying unconventional geometries based on microchannel flow for applications in electronic devices has promoted researchers to create novel cooling systems, using methods of manufacturing affordable, high thermal and fluid-dynamic performance. In this paper measurements of temperature variation a heat sink based on constructal law with about mass flow is showed. The analysis consisted of applying a constant flow of heat to the heat sink and take the surface temperatures of constructal heat sink subsequently comparing its thermal capacity dissipative in regard to commercial sinks was performed. For that, an experimental test for heat sinks instrumented with thermocouples was used; the cooling system consisted of reservoir, pump, heat sink and radiator. Likewise, the data were captured by data acquisition system (DAQ) and processed for interpretation. The results show that the thermal performance of constructal sink is better than commercial, while at no time temperatures in the sink constructal exceed 80 °C which is the maximum allowable temperature.

## Palabras Clave

*Heat sink*, teoría constructal, flujo de calor; disipación de calor, enfriamiento con líquido.

## INTRODUCCIÓN

### Desarrollo en sistemas de refrigeración para microprocesadores

#### Microprocesador

Se conoce como microprocesador a un componente electrónico compuesto por cientos de circuitos que reciben señales eléctricas y a su vez están integrados sobre una placa de silicio, normalmente se encuentran ubicados en el CPU de una computadora y son el centro de control de todas las operaciones electrónicas de ésta. El procesamiento de toda esa información es generado por señales eléctricas que fluyen dentro del disipador y a su vez generan calor que debe disiparse. La capacidad de los microprocesadores ha ido de la mano con el desarrollo de las computadoras, hoy en día se han conseguido microprocesadores de mayor eficiencia, con capacidades sorprendentes que son dadas por conjuntos mucho mayores de circuitos integrados dentro de un área más reducida. [1]

#### Sistemas de refrigeración para microprocesadores

Generalmente los métodos de refrigeración se engloban en dos partes: los sistemas de refrigeración por aire y los sistemas de refrigeración por refrigerantes líquidos.

- *Sistemas de refrigeración por aire*

Los sistemas de refrigeración por aire constan de un bloque de metal aletado, el cual está en contacto directo con el disipador de calor, éste en la parte superior cuenta con un ventilador encargado de remover el aire caliente del microprocesador. Los ventiladores utilizados varían en tamaño y velocidad de trabajo, por lo general se usan ventiladores pequeños de un diámetro aproximado de 3" que se mueven a velocidades altas, razón por la cual son ruidosos. En la IMAGEN 1, se muestra un disipador de calor convencional enfriado por aire. [2]

- *Sistemas de refrigeración por refrigerantes líquidos*

Es bien sabido que el coeficiente convectivo del agua es mucho mayor que el del aire, es por ello que esta alternativa es más favorable que los métodos convencionales. Por otra parte, las placas de disipación de calor han evolucionado desde aletas con diferentes configuraciones geométricas hasta los microcanales, en 1981 Tukerman y Peace [3] introdujeron el término microcanal y demostraron que si un flujo era capaz de atravesar un microcanal podría remover hasta  $790 \text{ W/cm}^2$ . Después de la publicación de este artículo se ha realizado una gran cantidad de investigación sobre el desempeño de los microcanales y se ha demostrado que la implementación de éstos es favorable, cabe resaltar que, aunque el coeficiente convectivo es mayor, existe una penalización en la caída de presión dentro de los microcanales, lo cual implica que se requiera una mayor potencia de bombeo, que a su vez genera un costo adicional. En la IMAGEN 2 se muestra el diseño de un disipador de calor comercial con microcanales.

- *Sistemas con bifurcaciones*

Siguiendo con el desarrollo de los sistemas de microcanales se han propuesto nuevos métodos de distribución de fluido los cuales cuentan con bifurcaciones que han sido replicadas de las ramificaciones de los árboles y hojas de plantas, la teoría que adopta esta tendencia es llamada teoría constructal. [4]

Para el caso de estudio en este proyecto se analizó el desempeño térmico con respecto a la variación del flujo volumétrico de un disipador de calor con microcanales y un distribuidor de flujo basado en la *teoría constructal*, mismo que fue manufacturado en el laboratorio de termofluidos así como una comparación de su desempeño térmico contra un disipador comercial con una geometría regular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Disipador de calor constructal

- *Partes del disipador de calor*

El disipador de calor consta principalmente de cinco piezas.

**Placa de cobre:** la placa de cobre usada en el disipador tiene un grado de pureza de 99.9% con un espesor de 3.1 mm. Se utilizó para generar sobre ésta los microcanales de 1 mm de espesor y el distribuidor de flujo. IMAGEN 3.

**Placa de acrílico:** esta placa de acrílico tiene 9.5 mm de espesor y funcionó como tapa del ensamble pues ésta permite la entrada y salida directa del fluido hacia la placa de cobre mediante un par de barrenos en su superficie.

**Sujetador de aluminio:** éste se maquinó desde una placa de aluminio de espesor de 3 mm y se usó para la sujeción del disipador de calor sobre el banco de pruebas experimentales.

**Dos boquillas de conexión de ½ pulgada:** las cuales se colocaron en la cara superior de la placa de acrílico, con el fin de conectar las mangueras de flujo al disipador

**Sello O-ring:** hecho de caucho y montado sobre la placa de cobre para asegurar que no existan fugas de líquido en el ensamble.

- *Banco de pruebas*

El banco de pruebas experimentales consta de cinco partes principales.

**Bomba de flujo:** esta bomba se utilizó para hacer fluir el fluido (agua destilada) por las tuberías de ½ pulgada, cabe señalar que el flujo volumétrico de la bomba se puede variar.

**Calentador de potencia variable:** fabricado de aluminio y utilizado para aplicar el flujo de calor al disipador, mediante calentadores de corriente directa.

**Radiador:** radiador marca Swiftech® modelo MCR320-QP, utilizado para el enfriamiento del fluido refrigerante.

**Reservorio:** reservorio de agua de 1.5 litros.

**Ordenador (CPU):** usado para registro y recopilación de datos.

A fin de obtener resultados confiables se reforzó el sujetador de tornillos del disipador de calor lo cual permitió tener un apriete uniforme, esto debido a que la presión de sujeción del disipador de calor sobre el calentador de potencia variable es una condición crítica para el análisis.

Con la finalidad de reducir la resistencia térmica de contacto se aplicó pasta térmica en la unión del disipador de calor sobre el calentador, además de que la pasta térmica elimina los residuos de posible aire estancado entre la unión.

- *Disipador de calor comercial*

Para comparar el desempeño térmico del disipador constructal se utilizó un disipador de calor de la marca Alphacool® modelo 1254, el cual cuenta con una distribución de flujo de canales paralelos sobre una placa de cobre con pureza 99.9%. En la IMAGEN 4, se muestra una fotografía del disipador de calor utilizado.

- *Método de medición*

Para la medición de temperaturas se instalaron 4 termopares tipo J en el banco de pruebas para registrar las temperaturas una vez que el disipador alcanzó su estado térmico estacionario para cada flujo másico probado, se aplicó un flujo de calor constante de magnitud 114 W

Los primeros dos termopares se usaron para censar las temperaturas del disipador en la entrada y salida del fluido, respectivamente, mientras que los otros dos termopares censaron las temperaturas superficiales del disipador de calor en su entrada y salida, respectivamente.

Una vez ensamblado el disipador constructal, Se montó sobre el calentador eléctrico aplicando previamente pasta térmica en la unión del ensamble, posteriormente, se realizó el apriete de los cuatro puntos de sujeción del disipador de calor verificando que los resortes de los tornillos se comprimiran distancias iguales para asegurar una distribución de presión de ensamble correcta.

Como se mencionó anteriormente, las temperaturas en los cuatro termopares fueron adquiridas cada cinco segundos una vez que se alcanzó el estado estacionario para su posterior procesamiento.

La prueba del disipador comercial se realizó de una manera similar, manteniendo iguales condiciones de operación, así como un igual flujo de calor.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la IMAGEN 5 se muestran los resultados experimentales obtenidos donde se aprecia la variación de temperaturas con respecto al flujo másico dentro del disipador de calor. Éstas muestran que, a mayor flujo másico de refrigerante, menor es la temperatura superficial del disipador. Se puede observar que el cambio de temperatura en el fluido entre la entrada y la salida es de 1 °C, y el cambio de temperaturas entre la entrada y la salida del disipador varía desde 1 °C hasta 2 °C. Aunado a lo anterior, se observa que para los flujos másicos de 1.46 lt/min y 1.65 lt/min las temperaturas superficiales son prácticamente las mismas, por lo tanto, es mejor enfriar usando un flujo másico de 1.46 lt/min ya que requiere una menor potencia de bombeo. Cabe resaltar que, en todas las mediciones realizadas, la temperatura superficial siempre estuvo por debajo del 18% del límite permitido que es 80 °C, por lo tanto, este resultado demuestra que el desempeño térmico del disipador es aceptable.

En la IMAGEN 6 se muestran los resultados experimentales obtenidos para el disipador comercial Alphacool® 1254, se puede apreciar el desempeño térmico del disipador respecto al flujo másico de refrigerante. Se puede observar que el cambio de temperatura entre la entrada y salida del fluido es de 1 °C, por su otra parte el cambio de en la entrada y salida del disipador varía en un rango de 3 °C hasta 4 °C. Es visible que a mayor flujo másico de refrigerante la temperatura superficial del disipador disminuye. Cabe resaltar que estas mediciones se encuentran muy por debajo del valor máximo de 80 °C que puede alcanzar un disipador, situación por la cual se asume que los datos son correctos y aceptables.

## CONCLUSIONES

El desempeño del disipador de calor constructal es aceptable pues las magnitudes de las temperaturas superficiales para cada uno de los flujos másicos se encuentran por debajo del rango de operación, cabe resaltar que las mediciones de temperatura obtenidas para este análisis muestran un mejor desempeño térmico de magnitud de 9 °C a 10 °C respecto a las mediciones obtenidas en el disipador de calor comercial.

Se puede aseverar que el diseño de patrón de flujo no convencional, muestra un mejor desempeño térmico y fluido dinámico más sin embargo el costo de producción se torna alto, el maquinado debe ser especializado mediante máquinas de control numérico "CNC" con altas capacidades.

Considerando lo anterior se debe continuar la investigación en geometrías costo efectivas que tengan las capacidades de disipación superiores a menores potencias de bombeo.

## AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos por el apoyo brindado y el esfuerzo aplicado para la realización de este proyecto a:

Universidad de Guanajuato.

Veranos de investigación UG.

Al Dr. Abel Hernández por su apoyo, consejos y sugerencias en la realización de este proyecto.

Grupo de investigación dirigido por el Dr. Abel Hernández y el Dr. J. Luis Luviano Ortiz por su ayuda y apoyo.

Al M.I Daniel Lorenzini Gutierrez por el incansable apoyo brindado a este proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Definición de un microprocesador. Recuperado de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/microprocesador.php>
- [2] Tipos de enfriamiento de CPU. Recuperado de [http://www.ehowenespanol.com/tipos-enfriamiento-cpu-lista\\_316307/](http://www.ehowenespanol.com/tipos-enfriamiento-cpu-lista_316307/)
- [3] D.B. Tuckerman, R.F.W. Pease, High-performance heat sinking for VLSI, IEEE Electron Devices Lett, EDI-2 (5), 1981, 126-129.

[4] Y. Chen, P. Cheng, An experimental investigation on the thermal efficiency of fractal tree-like microchannel nets, Int. Commun. Heat Mass Transf., (32) (2005), 931-38.

[5] Cooling devices. Recuperado de <http://www.bleepingcomputer.com/tutorials/introduction-to-your-computer/>

[6] Custom water block. Recuperado de <http://forums.bit-tech.net/showthread.php?t=236514>

[7] Alphacool GPU System. Recuperado de <http://www.alphacool.com/shop/gpu-cooler/ati-gpu/17496/alphacool-gpu-hf-14-ati/nvidia-smart-motion-universal-nickel-edition>

## IMÁGENES

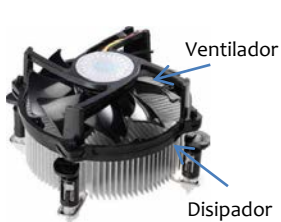


IMAGEN 1: disipador de calor por aire. [5]

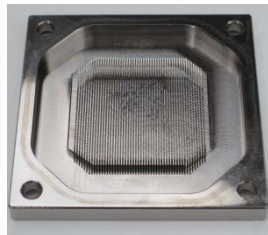


IMAGEN 2: disipador de calor con microcanales. [6]

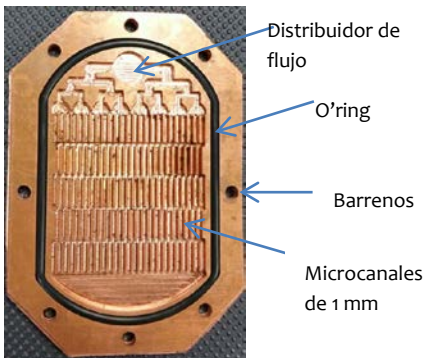


IMAGEN 3: Placa de cobre fabricada.



IMAGEN 4: Disipador Alphacool 1254. [7]

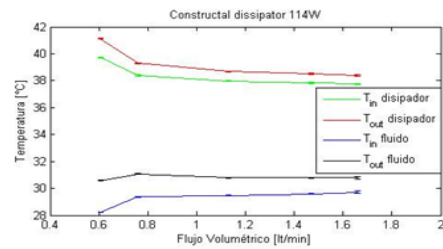


IMAGEN 5. Resultados de disipador constructal

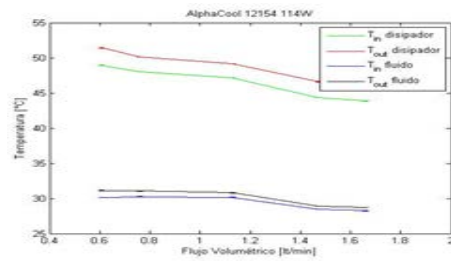


IMAGEN 6. Resultados de disipador Alphacool