

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

Saldaña Sánchez Eloísa María Ximena (1), Luviano-Ortiz J. L. (2) Muñoz Chávez Luis Enrique (3)

1 [Ingeniería mecánica, Universidad de Guanajuato] | [emx.saldanasanchez@gmail.com]

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

3 [Ingeniería mecánica, Universidad de Guanajuato] | [elk.ike10@hotmail.com]

## Resumen

Hoy en día es necesario contar con equipos de cómputo que puedan llevar a cabo grandes procesos computacionales en el procesador, obteniendo así equipos cada vez más pequeños y ligeros; sin embargo, esto tiene repercusiones en la temperatura de operación de estos dispositivos, ya que al ser menor el área de disipación de calor, mayor será la generación de calor. Debido a esto, para este trabajo se propuso realizar el estudio de un disipador de calor para el enfriamiento de estos dispositivos proponiendo una nueva geometría de disipador. Por lo tanto, se desarrolló la medición de temperaturas sobre el disipador de calor aplicando un flujo másico del fluido refrigerante y un flujo de calor, censando al mismo tiempo las temperaturas superficiales en la placa disipadora, así como las temperaturas del fluido refrigerante a la entrada y salida del disipador. Aunado a esto, las mismas condiciones de estas pruebas fueron realizadas sobre un disipador de calor comercial; esto con la finalidad de comparar con la geometría propuesta y de esta forma conocer y analizar la capacidad de disipación de calor que tiene el disipador de calor. Obteniendo así resultados satisfactorios ya que en estas pruebas no se superan los grados de temperatura máximos permisibles que son 80 °C.

## Abstract

Nowadays it is necessary to have computer equipment that can carry out large computational processes in the processor, thus obtaining increasingly lighter and smaller equipment, however, it has serious repercussions in the operating temperature of these devices, since the lower the area of heat dissipation, greater will be the generation of heat. Due to this, in this work was proposed to carry out the study of a heat sink for the cooling in these devices proposing a new geometry of the same one. Therefore, temperature measurements were developed on the heat sink applying a refrigerant mass flow and a heat flow, measuring at the same time the superficial temperatures on the dissipating plate as well as the temperatures of the refrigerant flow in the inlet and outlet of the heat sink. In addition to this, the same conditions of these tests were carried out on a commercial heat sink; this was done in order to compare with the proposed heat sink geometry, and in this way to know and analyze the capacity of heat dissipation of the heat sink. In this way, satisfactory results were obtained since in these tests the maximum permissible temperatures for the heat sink (which are of 80 °C) were not exceeded.

## Palabras Clave

Disipación de calor, flujo másico, flujo de calor; enfriamiento por líquido, placa disipadora.

## Disipadores de calor con refrigeración líquida para procesadores computacionales

El avance global de la tecnología actual genera retos de ingeniería cada vez mayores, los dispositivos electrónicos no son la excepción ya que éstos tienden a tener dimensiones cada vez más reducidas y con alto desempeño, es debido a esto que la generación de calor en dispositivos electrónicos es una problemática mundial ya que se deben buscar formas modernas y eficientes para la disipación de calor.

Como resultado de esto, es una necesidad urgente de encontrar métodos de refrigeración de dispositivos que maximicen la tasa de disipación de calor con un menor consumo de energía y que a su vez la fabricación de éstos sea a través de métodos de manufactura rápidos, eficientes y económicos.

Los sistemas de disipadores de calor se pueden clasificar en general en dos métodos de disipación de calor: los sistemas de refrigeración por aire y los sistemas con refrigerantes líquidos. Aunado a esto, es bien sabido que el coeficiente de transferencia de calor del agua es mayor que el de aire, es por esta razón que en este trabajo se opta por construir y analizar sistemas de refrigeración por líquido.

- *Procesador*

El procesador (CPU) tiene como funciones principales el manejo del sistema operativo, la ejecución de las aplicaciones y la coordinación de los diferentes dispositivos que componen el equipo. El procesador debe leer las instrucciones de la memoria, buscar datos, realizar la operación deseada y pasar a la operación siguiente.

Es una pequeña pastilla de silicio la cual está recubierta de un encapsulado. Éste se inserta en la placa base sobre un conector que se denomina *socket*, aunque esto no siempre es así, en una laptop o portátil lo normal es que se suelde directamente [1].

- *Tipos de refrigeración*

Hasta ahora existen varios tipos de refrigeración para procesadores y los más comunes son: refrigeración líquida (normalmente agua) y refrigeración por aire.

- *Refrigeración por aire*

Hoy en día es quizás el método más antiguo y más utilizado para mantener los equipos informáticos a una temperatura adecuada.

Este sistema básicamente realiza un intercambio térmico entre el medio ambiente y el equipo a enfriar. Este intercambio térmico es conocido como *convección*. Para incrementar la capacidad de enfriamiento por convección es necesario aumentar el área efectiva de transferencia de calor del dispositivo a enfriar o incrementar el coeficiente de convección. Para lo primero se debe tener un número de aletas considerables, mientras que para lo segundo se debe buscar un fluido con una mayor capacidad de absorción de calor, por lo que es debido a esto que actualmente el aire ya no es capaz de remover la cantidad de calor generada por los equipos de cómputo.

- *Refrigeración líquida*

La función principal que tiene la refrigeración líquida es el uso de agua o líquidos para disipar el calor. La eficiencia presentada por el enfriamiento líquido con respecto a los casos anteriores con la disipación por aire es mejor debido a que el líquido transporta el calor de manera más eficiente. Aunado a lo anterior, debido a que los líquidos poseen un coeficiente convectivo más alto que el aire, se han logrado avances importantes en cuanto a las placas disipadoras desde que comenzaron a ser estudiadas, sobre todo por el concepto de microcanales que fue introducido por *Tukerman y Peace 1981 [2]*.

En este trabajo se analiza y compara el comportamiento de la variación térmica con respecto al flujo másico, esto en una placa disipadora de tipo alberca en la cual no se tienen aletas y la cual cuenta con un distribuidor de flujo basado en la *teoría constructal [3]*. La comparación de la disipación de calor se realizó con el disipador manufacturado tipo alberca con

respecto a uno comercial que tiene una geometría común. Para este caso, se considera que el disipador de tipo alberca al no tener aletas representa la condición menos óptima para disipar el calor.

## MATERIALES Y MÉTODOS

- *Equipo de trabajo*

Para la realización de las pruebas experimentales de los disipadores de calor se usaron los siguientes materiales y equipos:

**Banco de pruebas con resistencias térmicas:** cuyo objetivo es el de generar el flujo de calor y transferir el mismo por medio del cuerpo de aluminio donde se encuentran las resistencias de corriente directa y de esta manera transmitir el flujo de calor al disipador, cabe señalar que este flujo de calor puede ser variable.

**Equipo de cómputo:** el cual realiza la captura y procesamiento de los datos obtenidos.

**Bomba:** es utilizada para hacer fluir el fluido (agua destilada) refrigerante por las tuberías de ½ in; cabe señalar que el flujo volumétrico usado en este trabajo fue constante, pero esta bomba cuenta con la opción de tener un flujo variable.

**Reservorio:** tanque de almacenamiento de agua de 0.200 L.

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

**Boquillas de conexión de ½ in:** usadas como conexiones del circuito de refrigeración y localizadas en la parte superior de la tapa de la placa disipadora.

- *Disipador de calor*

El disipador de calor que fue construido para este trabajo o como anteriormente se le llamó disipador tipo alberca, está constituido por las siguientes partes:

**Placa de acrílico:** permite que el fluido entre directamente a la placa disipadora direccionándolo, y ésta cuenta con 9.5 mm de espesor.

**Placa disipadora de cobre:** esta placa de cobre cuenta con un grado de pureza del 99.9% con un espesor de 3.1 mm y una profundidad en el maquinado de la alberca de 1.5 mm, como se observa en la IMAGEN 1.

**Sujetador de aluminio:** maquinado de una placa de aluminio de espesor de 3 mm usado para la sujeción del disipador sobre el banco de pruebas experimentales.

**Sello O-ring:** montado en la placa de cobre para evitar las fugas que pudiera haber entre la placa de cobre y la tapa.

Es importante mencionar que el contacto entre la placa de cobre y el cuerpo de aluminio del banco de pruebas es uno de los factores que influyen de forma relevante en la cantidad de calor que puede ser disipado. Por lo que la presión de sujeción del disipador de calor debe ser uniforme y suficiente para asegurar que no existe ningún espacio. Para asegurar lo anterior, se colocó una pasta térmica cuya función es reducir la resistencia térmica por contacto que existe entre el disipador y el banco de resistencias térmicas.

- *Disipador de calor comercial*

Se utilizó un disipador de calor de la marca EK modelo SUPREMACY-EVO, el cual cuenta con una distribución de flujo de canales paralelos sobre una placa de cobre con pureza del 99.9% niquelado. En la IMAGEN 2 y 3, se muestra una fotografía del disipador de calor utilizado junto con la placa disipadora y la geometría con la que cuenta. Según datos del fabricante este disipador puede reducir la temperatura hasta 2.2 °C esto entre la entrada y la salida del mismo [5].

- *Método de medición*

En el banco de pruebas anteriormente mencionado, fueron instalados 4 termopares tipo J utilizados para censar las temperaturas del fluido y

del disipador de calor, para ello, se usaron dos tarjetas de adquisición de datos. Para iniciar la toma de datos fue necesario que el sistema se encontrara en el estado estacionario, aunado a esto, la prueba se realizó para diferentes flujos de calor y un solo flujo másico.

Las temperaturas de interés y las cuales fueron censadas durante el proyecto son:

- Temperatura de entrada y salida de la placa de disipación.
- Temperatura de entrada y salida del fluido refrigerante.

Cabe señalar que para cada temperatura mencionada anteriormente se empleó un termopar. La resolución temporal utilizada para el registro de las temperaturas fue de cinco segundos y el tiempo total de registro fue de tres minutos.

El disipador de calor tipo alberca se ensambló sobre el banco de pruebas colocando previamente una cantidad suficiente de pasta térmica entre el banco y el disipador, esto para asegurar el debido contacto entre la superficie generadora de calor y la placa de disipación, posteriormente, se colocaron los tornillos de sujeción con sus respectivos resortes. A fin de garantizar que tenía el mismo torque en cada tornillo, la distancia de compresión en cada resorte fue la misma. Una vez que los datos de cada prueba experimental fueron recopilados, éstos fueron procesados y analizados.

Por último, este mismo procedimiento se realizó para el disipador de calor comercial manteniendo las mismas condiciones de contacto y operación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las IMÁGENES 4 y 5 se muestran los resultados experimentales de la variación de la temperatura con respecto al flujo de calor usando un flujo másico constante para el disipador de calor tipo alberca y el comercial EK-SUPREMACY-EVO, respectivamente.

En las IMÁGENES 4 y 5 se puede observar que el disipador de calor tipo alberca tiene una menor capacidad de disipación de calor con respecto al disipador de calor comercial ya que éste alcanza una temperatura superficial mayor, esto se debe principalmente a que en el disipador tipo alberca cuenta con una menor área de disipación de calor debido a que no tiene ningún tipo de aletas que aumenten el área de contacto del fluido con la placa disipadora.

A pesar que el disipador de calor tipo alberca tiene una menor disipación de calor, la temperatura máxima que se registró en éste para los diferentes flujos de calor aplicados no excedió los 80 °C que corresponde a la máxima temperatura permisible para estos dispositivos, con esto es posible comprobar que este disipador de calor a pesar de no tener aletas, es capaz de operar satisfactoriamente con temperaturas aceptables esto con un flujo másico de 3.05 lt/min, alcanzando una temperatura máxima de 72 °C con un flujo de calor máximo de 200 W.

Por último, en este trabajo se pudo verificar además el funcionamiento del disipador comercial que, como lo dice el fabricante, este disipador es capaz de tener una absorción de hasta 2.2 °C [5].

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que, en el estado más crítico, siendo el caso de un disipador de calor sin aletas, sometándolo a condiciones máximas de flujo de calor es capaz de mantener condiciones de trabajo por debajo de las permisibles. Lo que en un disipador de calor por aire no será posible ya que en éstos el fluido refrigerante con el se cuenta tiene una capacidad de absorción de calor mil veces menor a la del agua.

Demostrando así, que un disipador de calor por aire puede ser superado en eficiencia por uno de enfriamiento líquido, dando una pauta para la propuesta de mejoras que mejorarán de forma significativa la disipación de calor en las placas disipadoras y en la cuales se podrán proponer diferentes tipos de geometrías.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato que con la oportunidad de participar en este verano nos permite crecer profesionalmente y forjar un camino como futuros investigadores.

Así mismo, quiero agradecer al grupo del Dr. Abel Hernández guerrero y el Dr. José Luis Luviano Ortiz por proporcionarme todo el apoyo necesario para ser capaz de terminar este trabajo.

A mis compañeros del grupo de investigación Energy Research, quienes me han estado apoyando en la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] R. P. Miguel, Departamento Sistemas Informáticos y Computación, El procesador, Centro Facultad de Administración y Dirección de Empresas.
- [2] D.B. Tuckerman, R.F.W. Pease, High-performance heat sinking for VLSI, IEEE Electron Devices Lett, EDL-2 (5), 1981, 126-129.
- [3] 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.
- [4] Sistemas de enfriamiento para el ordenador. Recuperado de <http://culturacion.com/sistemas-de-enfriamiento-para-el-ordenador-i/> Fecha de consulta: 20-07-2017
- [5] EK-Supremacy EVO - Acetal+Nickel. <https://www.ekwb.com/shop/ek-supremacy-evo-acetal-nickel>. Fecha de consulta: 20-07-2017

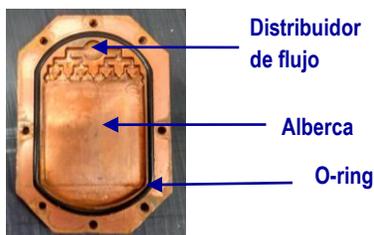


IMAGEN 1: Placa del disipador de cobre de tipo alberca.



IMAGEN 2: Disipador de calor comercial EKT SUPREMACY.

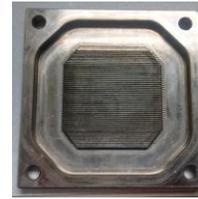


IMAGEN 3: Placa disipadora del disipador de calor comercial EKT SUPREMACY.

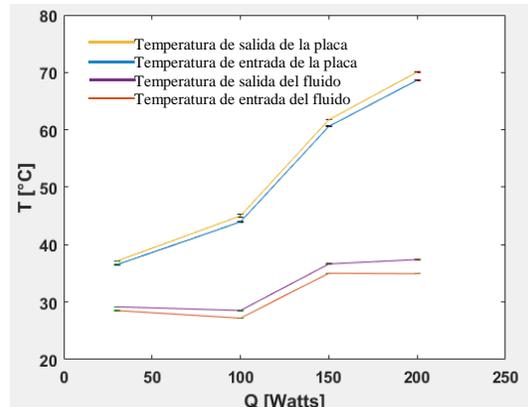


IMAGEN 4: Resultado disipador tipo alberca con flujo másico de 3.05 l/min.

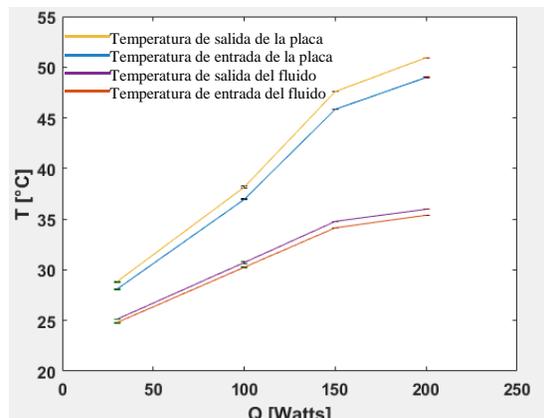


IMAGEN 5: Resultado disipador comercial con flujo másico de 3.05 l/min.