



Análisis numérico de transferencia de calor sobre un sistema de refrigeración líquida en un proyector portátil

Hernández Montecillo V. M., Hernández Carlos E., Sainz García L., Duarte Rostro F.U., Hernández García Y., Cerroblanco Ortiz A., Luviano Ortiz J.
Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato

Abstract

Thermal management has become increasingly important due to the miniaturization and high performance of electronic devices. In the present work, the numerical analysis of two heat sink designs (mini-channels and mini-fins) for a handheld projector system using liquid water as a coolant is proposed. The results obtained show a maximum 10% reduction in pressure drop using mini-channels. The maximum temperatures in the components behaved similarly in the two proposed geometries and within the permissible values for optimal operation of both the RGB LEDs and the DMD chip, which are the main components of the projection system.

1. Introducción

El rendimiento térmico en proyectores se ha convertido en un problema debido a los altos flujos de calor que emanan de los dispositivos, afectando su eficiencia y acortando su vida útil [1]. El Pico-proyector DLP LightCrafter Display 3010EVM-G2, el cual se muestra en la Fig. 1, posee elementos de alta potencia con una gran generación de calor, los cuales, si no se tratan adecuadamente, generan puntos calientes en el sistema, disminuyen considerablemente la eficiencia y degradan los componentes debido a las altas temperaturas [2]. El motor de luz que es conformado por un chip DMD (Digital Micromirror Device) y los LED RGB (Light Emitting Diode Red Green and Blue) son los elementos con mayor generación de calor dentro del proyector. En el presente trabajo se analizan dos geometrías propuestas del disipador de calor, una con mini-canales y otra con mini-aletas.



Fig. 1 – Pico-proyector DLP LightCrafter Display 3010EVM-G2.

2. Geometría

En el primer diseño del disipador de calor se implementaron mini-canales y en el segundo mini-aletas en la superficie donde se encuentran ubicados los componentes con mayor generación de calor, con la finalidad de incrementar el área de transferencia de calor.



Fig. 2 – Diagrama esquemático de la composición de la PCB [3].

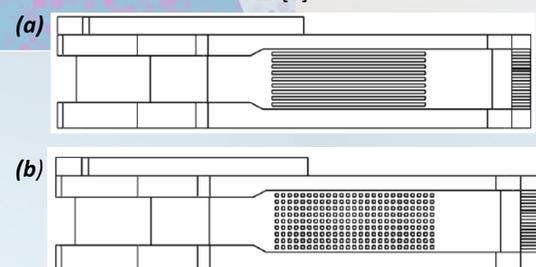


Fig. 3 – Diseños propuestos del disipador de calor; (a) con mini-canales y (b) con mini-aletas.

3. Metodología

Los disipadores de calor propuestos fueron analizados numéricamente mediante volumen finito, con la finalidad de analizar y comparar el rendimiento termo-hidrodinámico, la caída de presión y el campo de temperatura en los disipadores de calor con mini-canales y mini-aletas. Para ello, se hicieron las siguientes consideraciones:

1. Estado estacionario.
2. Flujo laminar e incompresible.
3. Pérdidas despreciables de calor por radiación y convección.
4. Flujo monofásico.
5. Propiedades constantes.
6. Efectos gravitacionales despreciables.

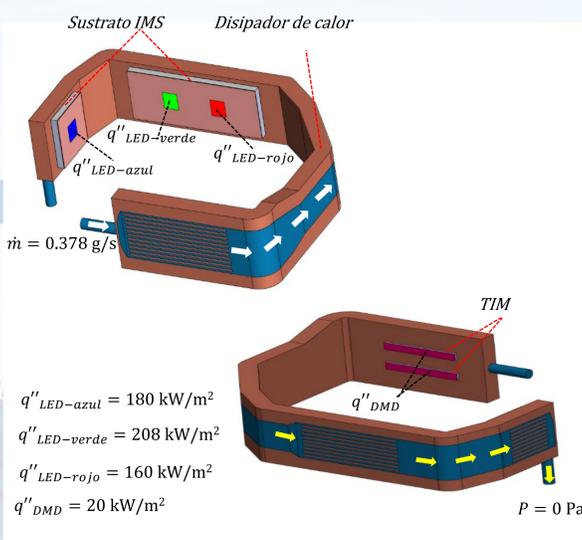


Fig. 4 – Diagrama esquemático del disipador de calor y condiciones de frontera.

4. Resultados

La variación de la temperatura máxima sobre la PCB de los LED RGB con el incremento del número de Reynolds (Re) fue prácticamente la misma, indistintamente del diseño del disipador de calor utilizado, debido a que la transferencia de energía está altamente relacionada con los materiales que conforman la PCB. En la Fig. 5 se muestra el comportamiento de la temperatura máxima del LED verde con respecto al Re , que fue el que posee mayor flujo de calor por disipar. Sin embargo, el diseño con mini-aletas proporcionó un mejor desempeño en cuestión del ahorro de potencia de bombeo, así como se muestra en la Fig. 6. Es factible que éste se proponga como el diseño óptimo, considerando un $Re = 400$ en la entrada del conducto debido a que en este valor la temperatura máxima de operación de los LED y del chip DMD sufren una disminución súbita. Además, la potencia de bombeo será mínima, lo que reducirá los costos de operación.

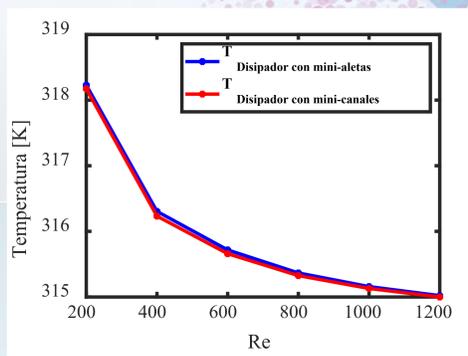


Fig. 5 – Variación de la temperatura máxima con respecto al Re sobre la PCB del LED verde.

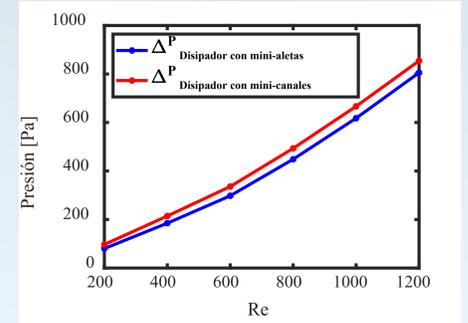


Fig. 4 – Variación de la caída de presión con respecto al Re .

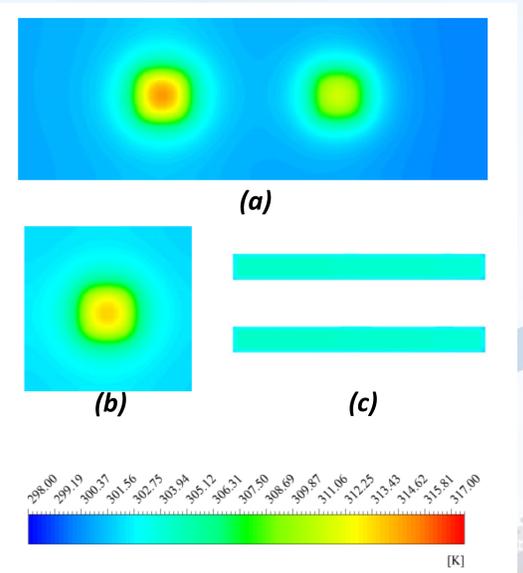


Fig. 5 – Contornos de temperatura par $Re = 400$ en la entrada del conducto ; (a) en la PCB de LED verde y rojo; (b) en la PCB de LED azul; (c) en el TIM del chip DMD.

5. Conclusiones

La tecnología de sustrato IMS fue el principal componente para lograr un correcto enfriamiento, debido a que al variar el Re en las dos geometrías de mini-aletas y mini-canales, el comportamiento de la temperatura máxima en la PCB fue prácticamente el mismo para cada LED. Las temperaturas máximas de los componentes LED RGB y el chip DMD fueron 318 K y 305.5 K, respectivamente, las cuales están por de bajo de las temperaturas críticas estipuladas por los fabricantes. Sin embargo, en la geometría del disipador con mini-aletas, la caída de presión resultó ser 10% inferior en comparación con la geometría con mini-canales, del cual se concluye que el disipador de calor con mini-aletas es el mejor candidato para esta aplicación.

6. Referencias

- [1] Y. Peng, X. Yang, Z. Li, S. Li, and B. Cao, "Numerical simulation of cooling performance of heat sink designed based on symmetric and asymmetric leaf veins," International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 166, Feb. 2021.
- [2] A. A. Lad, K. A. James, P. King, and N. Miljkovic, "Reduced order design optimization of liquid cooled heat sinks," Journal of Electronic Packaging, Vol. 143, no. 4, Dec. 2021.
- [3] B. Hanna and H. Rainer, "Thermal management of light sources based on SMT LEDs Valid for: all SMT LEDs from OSRAM Opto Semiconductors".

7. Agradecimientos

Los autores de este trabajo expresan su apreciación y agradecimiento al programa Verano de la Ciencia 2022 de la Universidad de Guanajuato.