

Mixing Optimization for Enhanced Thermal Performance in Dual-Inlet Liquid-Cooled Heat Sink

PROBLEMA

El auge de la IA y HPC incrementa el calor en microprocesadores, mermando su rendimiento y vida útil. Aunque la refrigeración líquida es más eficiente que la convencional, optimizar la disipación térmica en equipos de alta potencia continúa siendo un reto crítico para maximizar la capacidad de procesamiento actual.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de la gestión mejorada de la mezcla de flujo mediante un novedoso disipador de calor de microcanales refrigerado por líquido, evaluando cómo el ángulo de inclinación de las entradas influye en el desempeño térmico e hidráulico del sistema.

PROPUESTA

Desarrollar y evaluar un innovador disipador de calor de microcanales con dos entradas inclinadas y una salida central, diseñado para generar una mayor mezcla del flujo refrigerante dentro del dispositivo (Fig. 1). La propuesta combina simulaciones CFD, análisis teórico y validación experimental para estudiar los mecanismos de transferencia de calor y dinámica de fluidos. Además, se compara el desempeño del diseño de doble entrada con una configuración convencional de entrada única, con el fin de determinar su capacidad para mejorar la disipación térmica, reducir la resistencia térmica y aumentar la eficiencia de enfriamiento en aplicaciones de electrónica de alto rendimiento.

Se evaluó un disipador de refrigeración líquida de doble entrada sobre un procesador de 54W. Utilizando sensores calibrados y adquisición de datos con LabView, se midió el rendimiento térmico bajo estrés mediante el programa AIDA64. Con un caudal de 248 L/h (0.607 m/s), la CPU alcanzó 48.8°C, permitiendo calcular con precisión la resistencia térmica del sistema (Fig. 2). Para las pruebas de simulación computacional se establecieron condiciones de borde y mallado como se muestran en la Fig. 3.

RESULTADOS

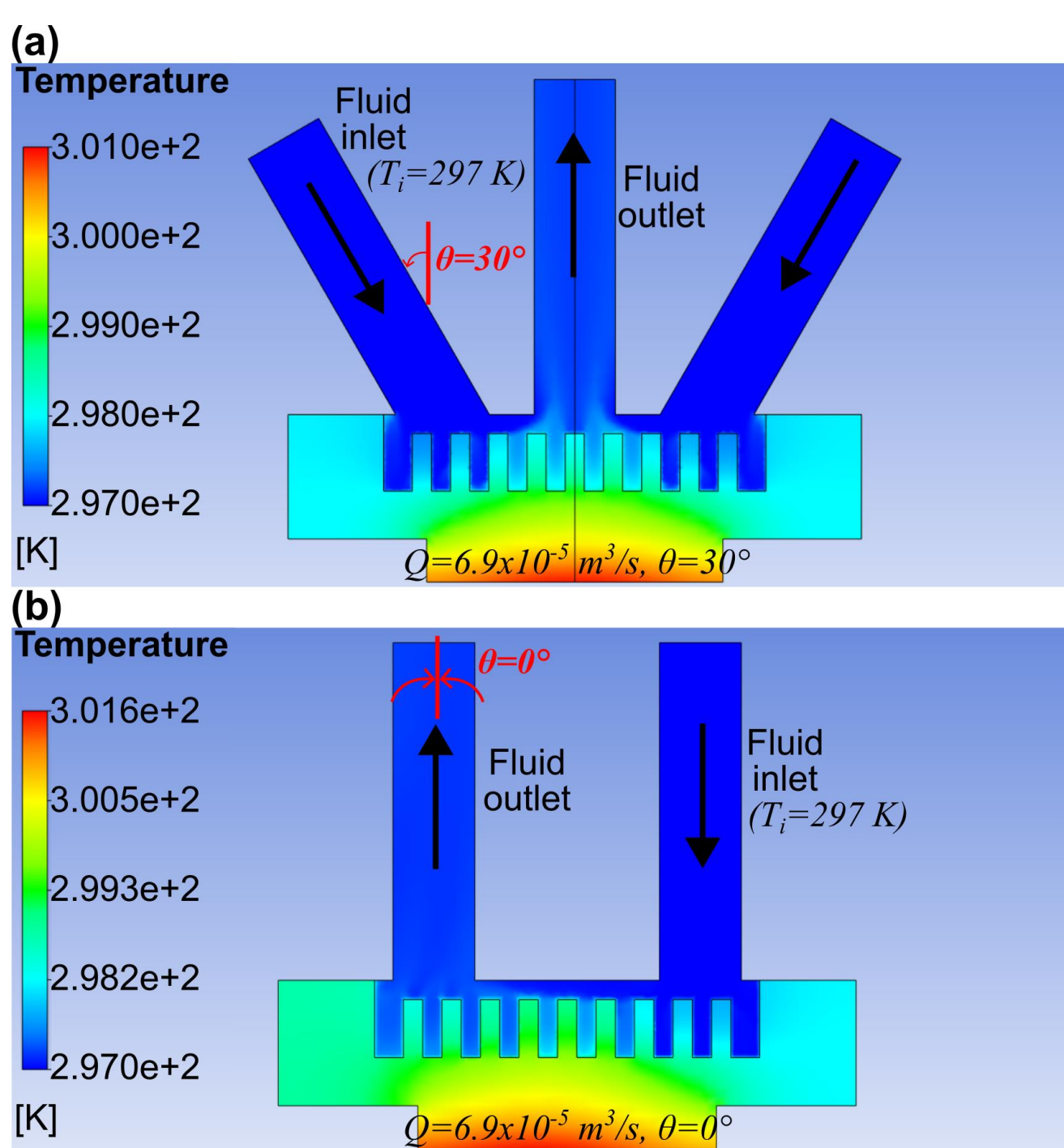


Fig. 4. Distribución de temperatura del fluido y del disipador de calor a $6.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ para (a) configuración de doble entrada y (b) entrada única

CONCLUSIONES

- El diseño de doble entrada superó al convencional, reduciendo la resistencia térmica un 4.3% con un 26% menos en caída de presión.
- La inclinación de 30° optimizó la transferencia de calor mediante una mejor mezcla.
- Se propusieron correlaciones para el coeficiente global y el número de Nusselt, fundamentales para futuras aplicaciones en refrigeración líquida.

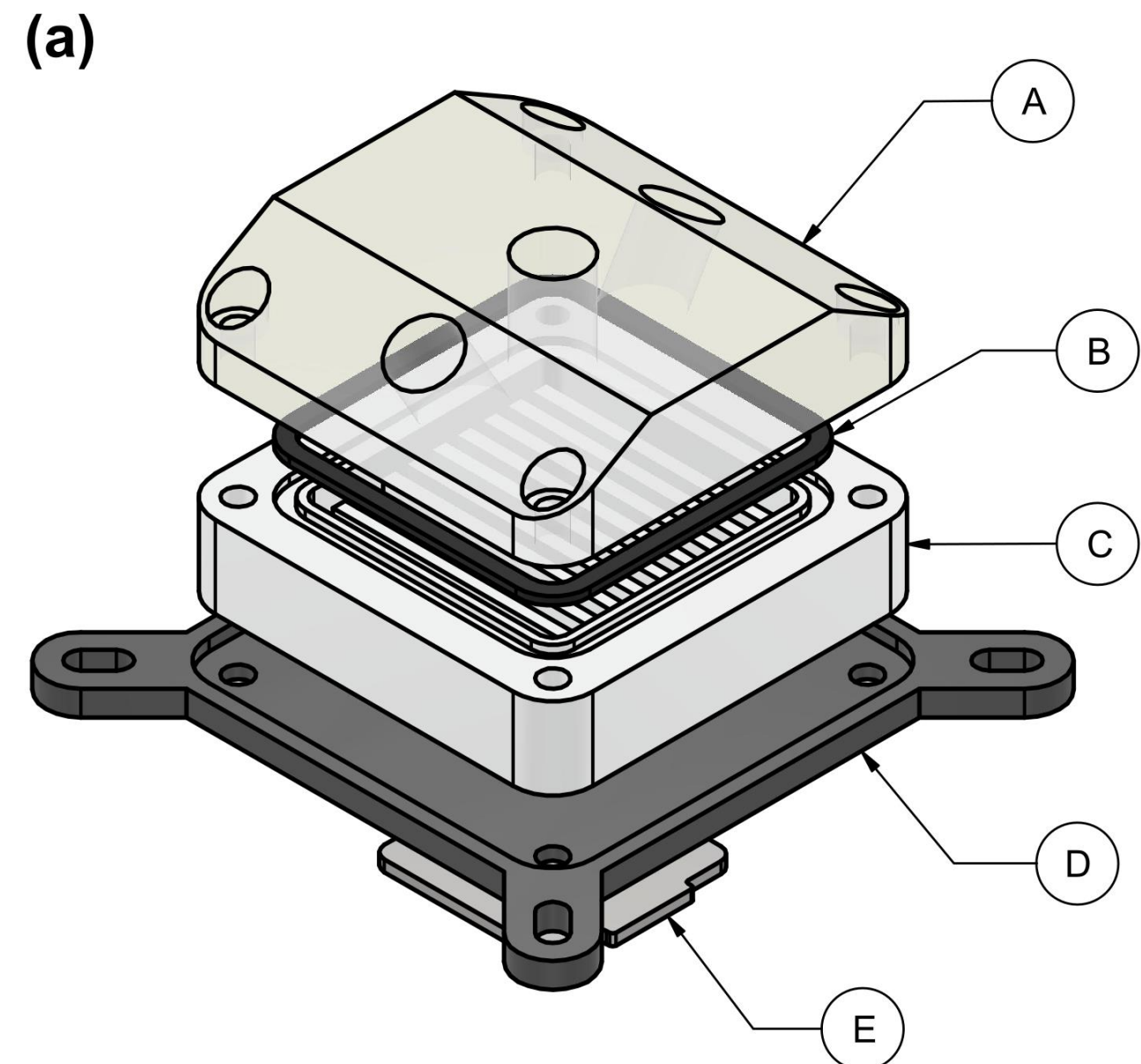


Fig. 1. Geometría de un disipador de calor de doble entrada. (a) Vista explosionada y lista de componentes: tapa (A), sello (B), bloque con aletas (C), soporte de montaje para zócalo LGA 1151 (D) y difusor de calor integrado (E)

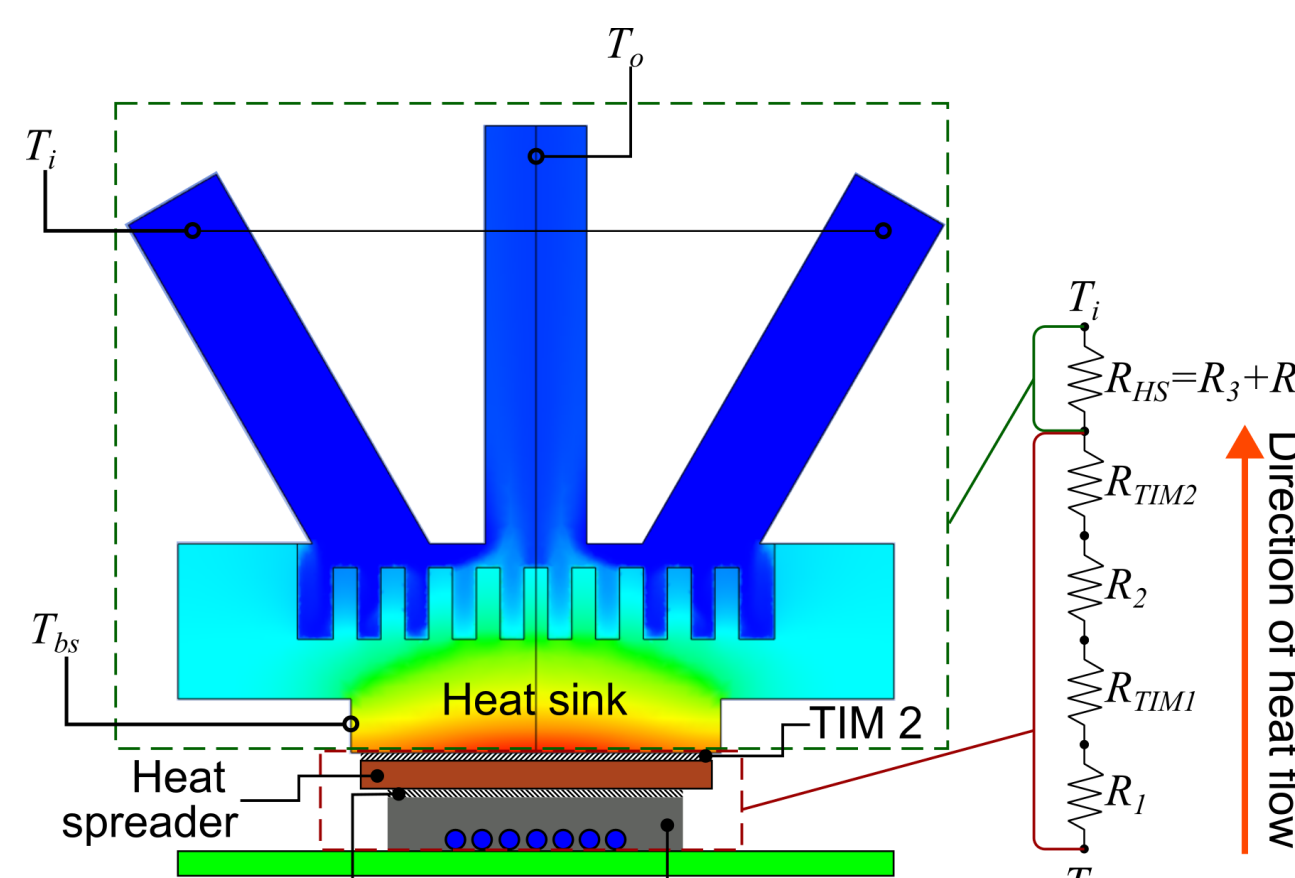


Fig. 2. Esquema del montaje experimental y del circuito de resistencia térmica.

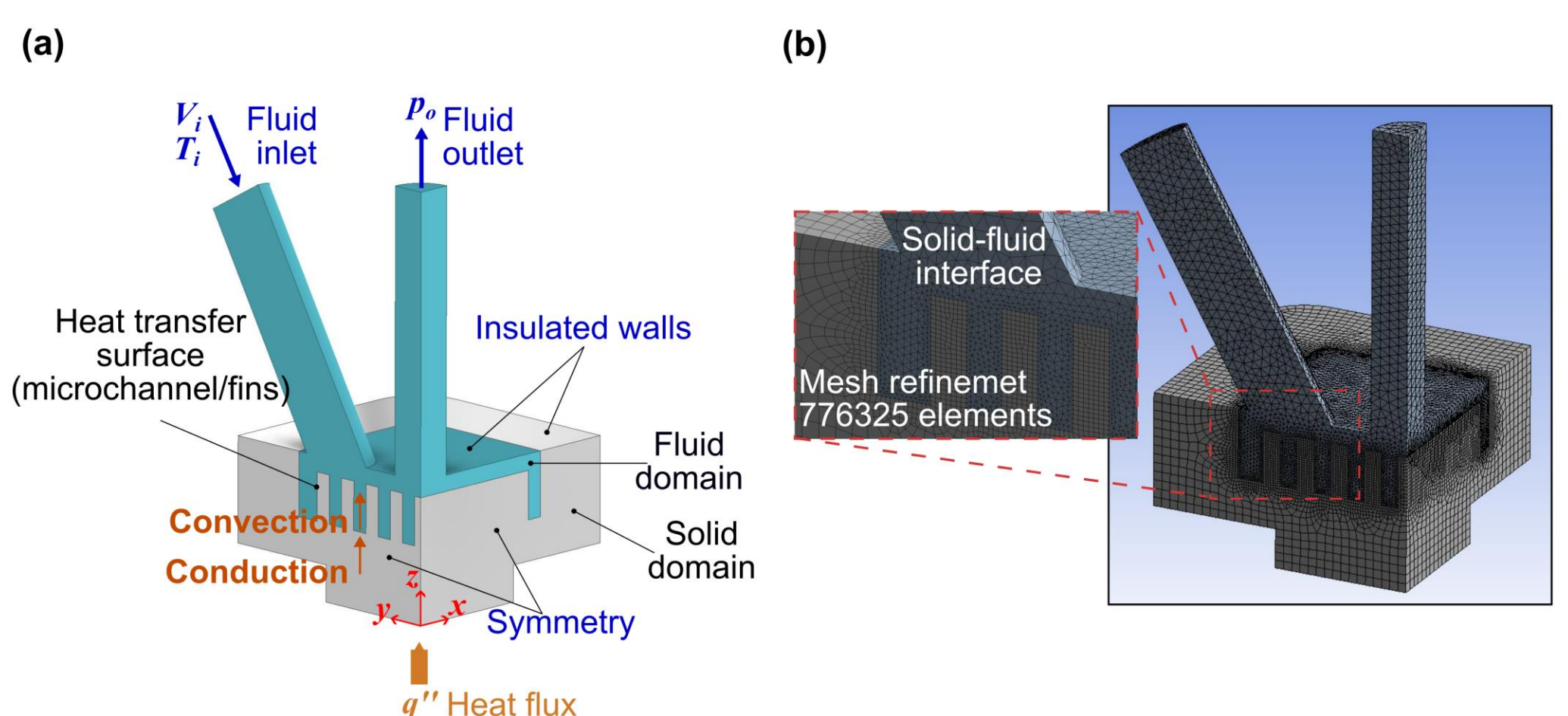


Fig. 3. Dominio computacional. (a) Esquema y condiciones de contorno de 1/4 de la geometría debido a la simetría. (b) 1/4 de la malla tetraédrica de los dominios sólido y fluido

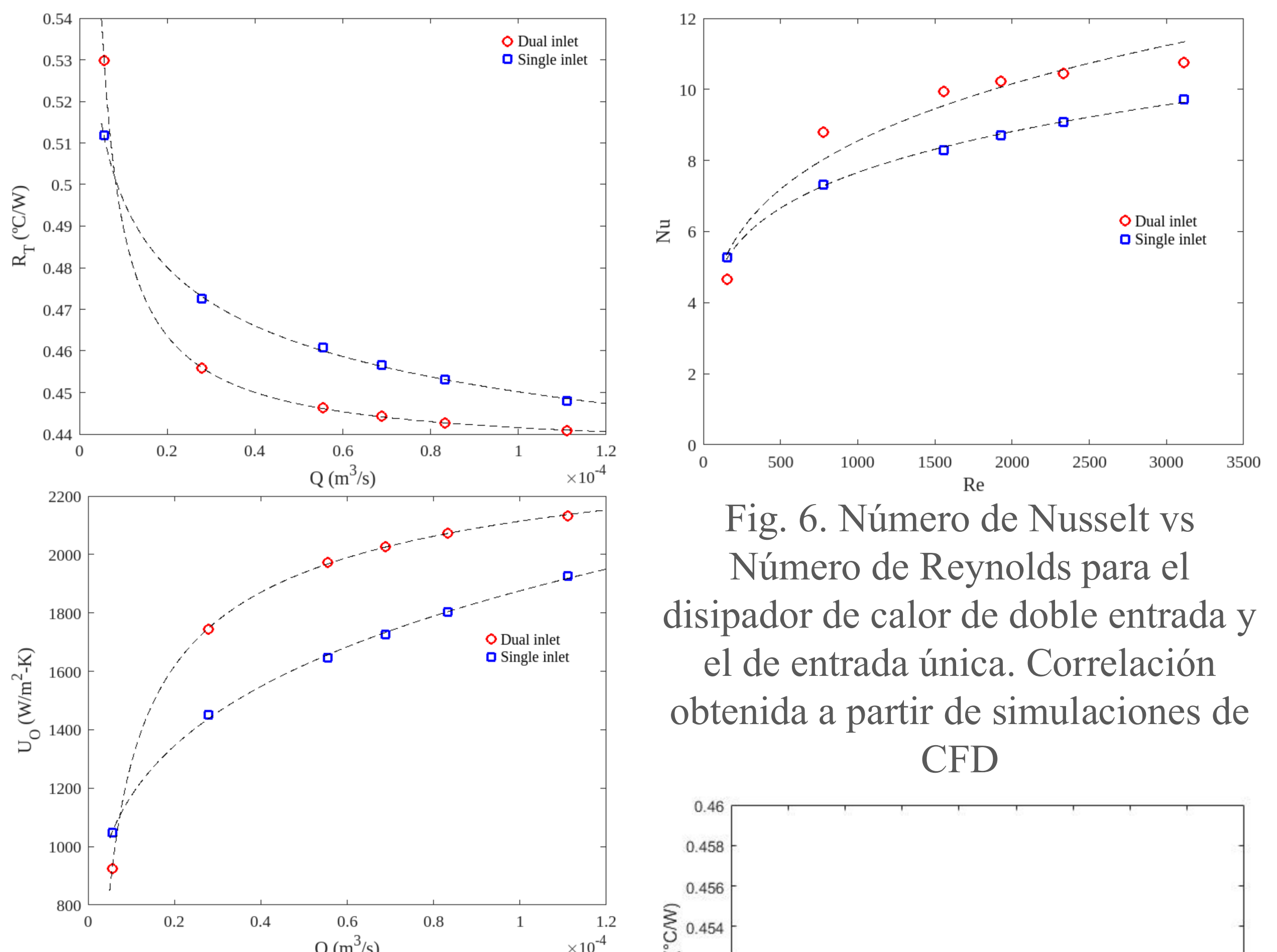


Fig. 5. Comparación de la resistencia R_T y coeficiente U_o en función del caudal para 2 configuraciones a 54 W

Fig. 6. Número de Nusselt vs Número de Reynolds para el disipador de calor de doble entrada y el de entrada única. Correlación obtenida a partir de simulaciones de CFD

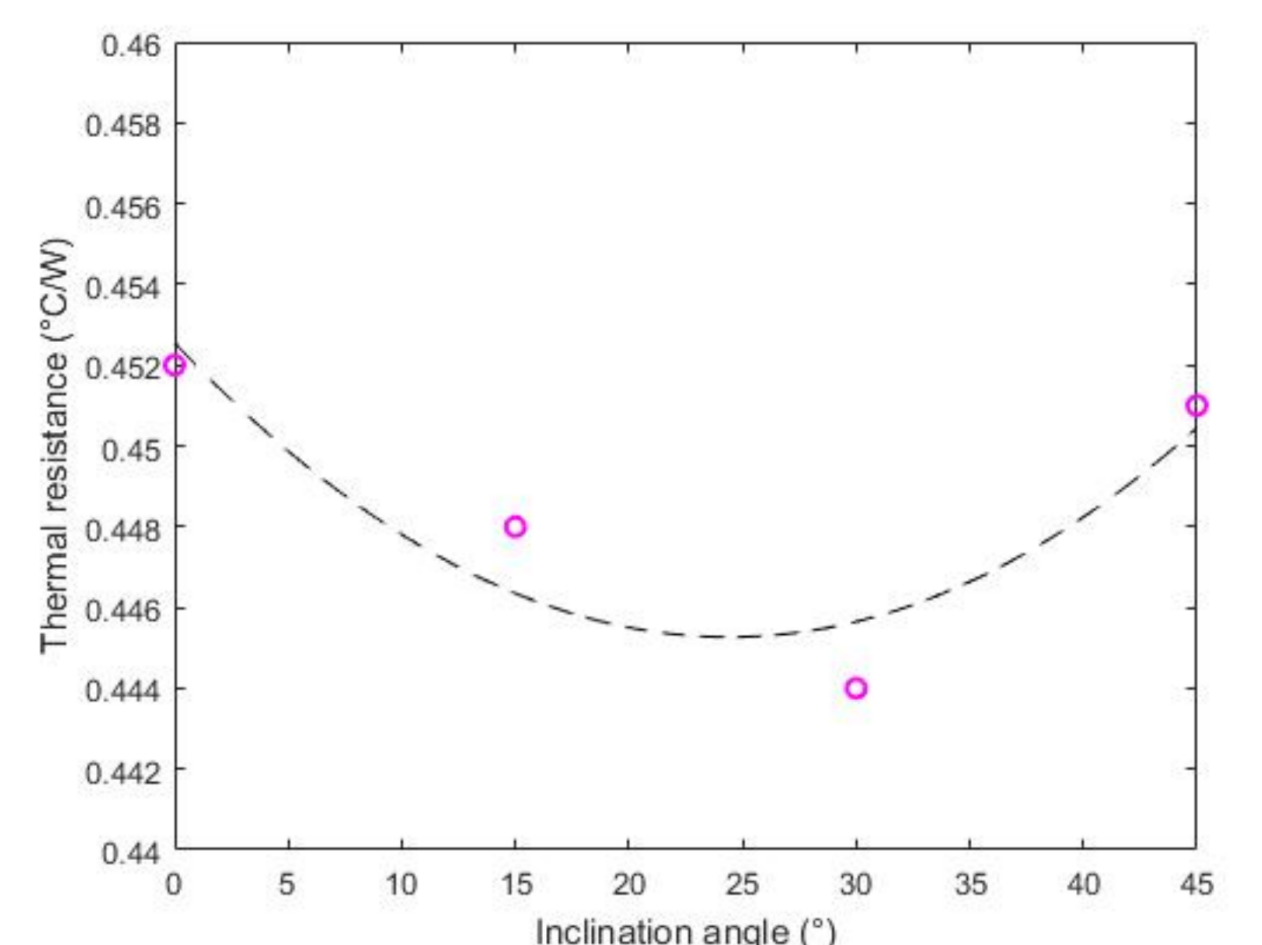


Fig. 7. Comparación de la resistencia térmica vs ángulo de inclinación de las entradas