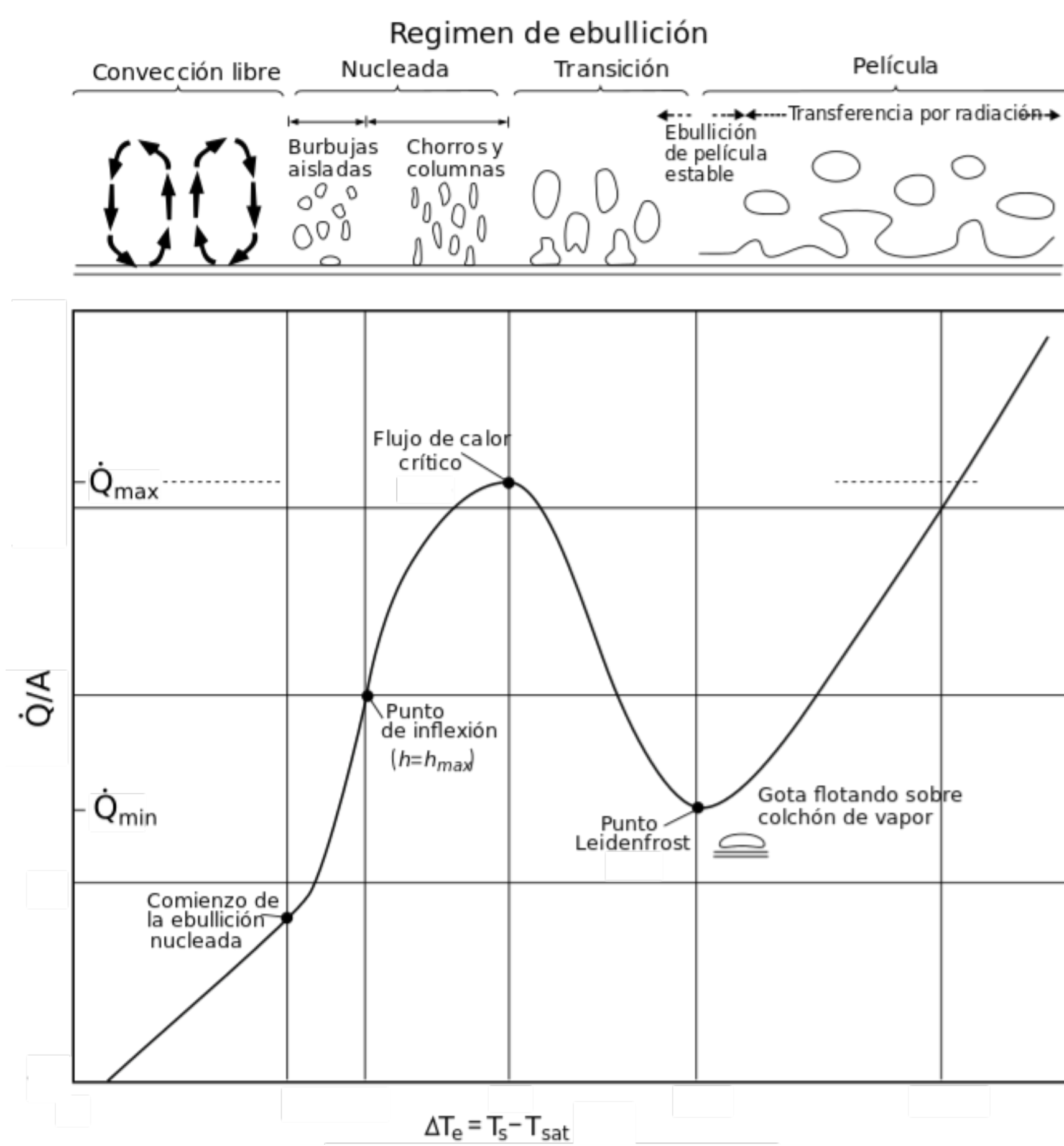


RESUMEN

Se estudió la tasa de transferencia de calor de tres cilindros de cobre hacia nitrógeno líquido, viendo cómo el efecto Leidenfrost afecta la misma. Se verificó la existencia de las etapas nucleación, transición y transferencia por radiación. Tanto los puntos de mínima transferencia como de máxima se encuentran dentro de un rango de temperatura común, siendo de aproximadamente (31;36)K y (20;22)K respectivamente.

INTRODUCCIÓN

El proceso de transferencia de calor de un líquido, con temperatura de saturación T_{SAT} , y un sólido con temperatura T , siendo inicialmente $T_{SAT} \ll T$, tendrá una forma característica de al menos 5 etapas. [1] En el siguiente gráfico de \dot{Q}/A vs $\Delta T = T_{SAT} - T$, con A área del sólido, se puede observar dicho proceso.



Cuando se llega al \dot{Q} máximo, comienza a formarse una capa de vapor que cubre al cuerpo que funciona como aislante térmico (debido a que el gas tiene menor densidad que el líquido frío); esto es conocido como efecto Leidenfrost. El punto donde se alcanza la mínima transferencia es denominado Punto Leidenfrost.

La ecuación que rige este proceso es

$$\frac{\dot{Q}}{A} = m \cdot C_P(T) \cdot \Delta T \quad (1)$$

con $C_P(T)$ calor específico molar del cuerpo y m su masa.

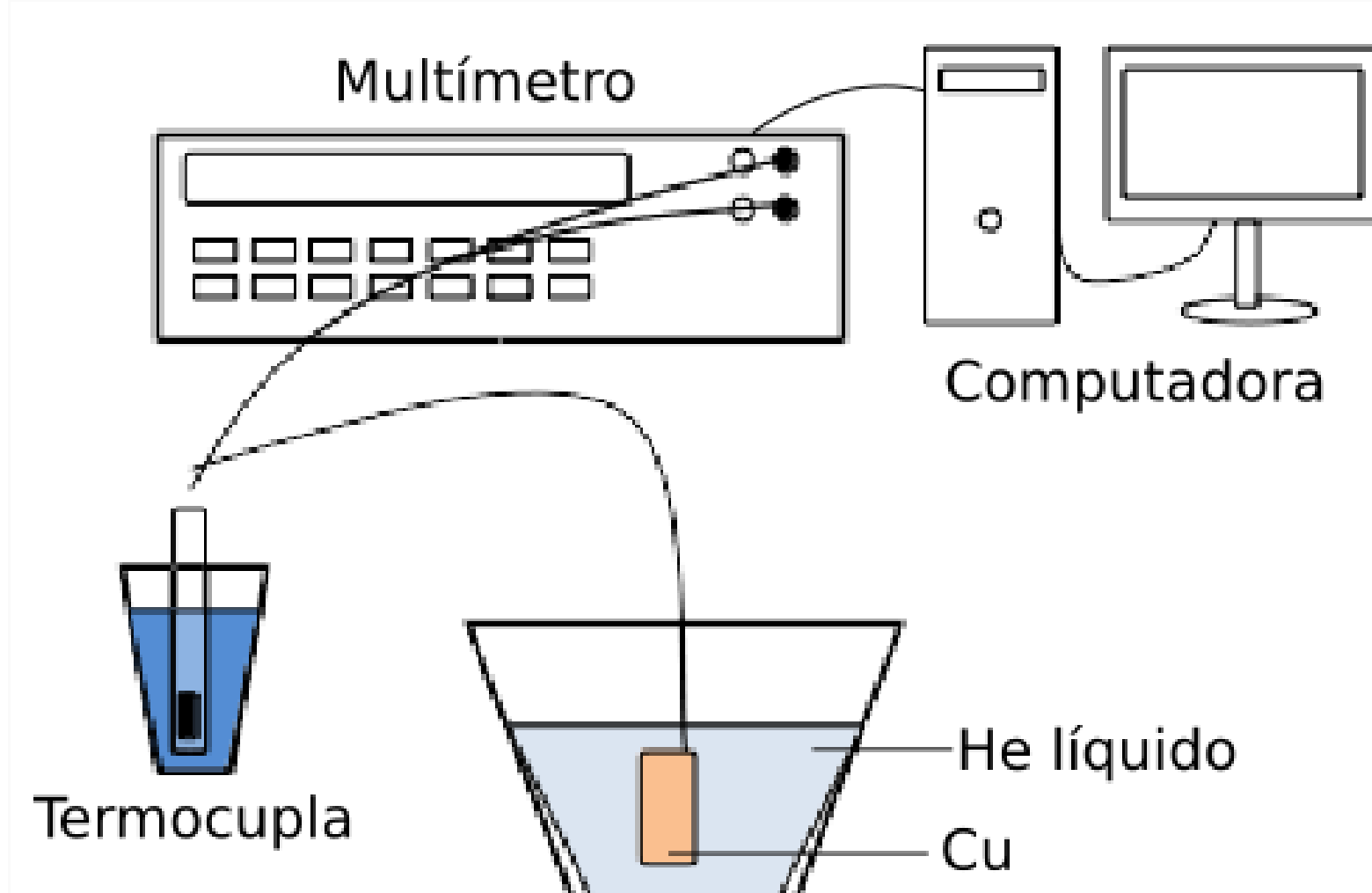
DESARROLLO EXPERIMENTAL

En este trabajo se estudió el efecto Leidenfrost que se produce al entrar en contacto un cilindro macizo de cobre a temperatura ambiente con nitrógeno líquido ($T_{SAT} = 77,35^\circ K$).

Se midió la temperatura del cilindro en función del tiempo, utilizando una termocupla tipo K y un multímetro HP 34401A conectado a una computadora para la adquisición de los datos.

Como parámetro de referencia de temperatura para la termocupla se utilizó agua con hielo a $0^\circ C$, y para transformar el voltaje medido en temperatura se usó un polinomio de grado 9 basado en una tabla de calibración [2].

Un esquema del dispositivo experimental puede verse en la siguiente figura.

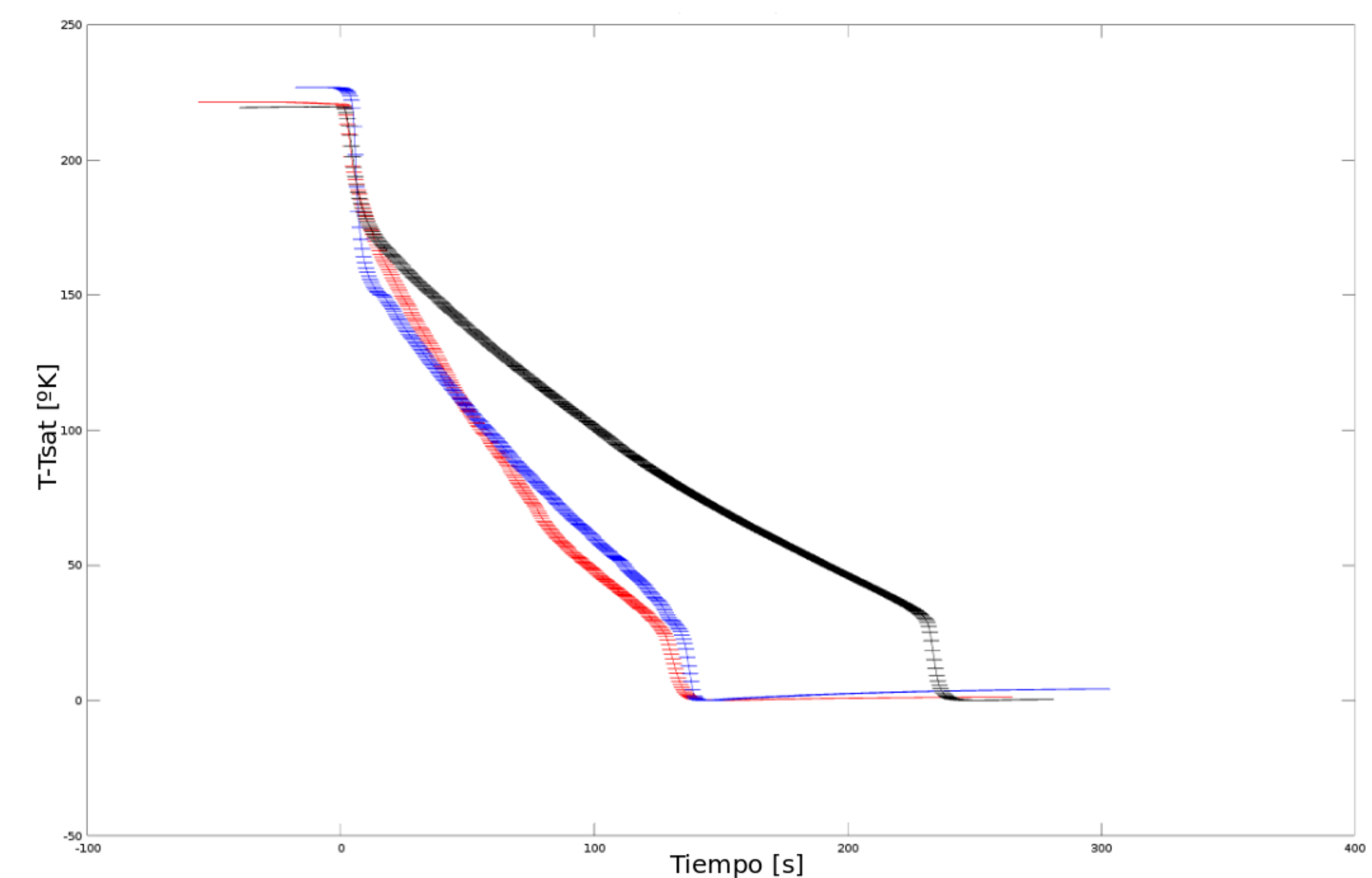


El estudio se realizó sobre 3 cilindros de distintas masas y áreas, los cuales fueron pesados con una balanza electrónica y sus dimensiones medidas con calibre. Para distinguirlos los llamaremos "cobre chico", "cobre mediano" y "cobre grande", y las características pueden verse en la siguiente tabla

Cobre	Masa (g)	Área (cm ²)
Chico	105,50 ± 0,02	29,60 ± 0,50
Mediano	166,00 ± 0,02	42,10 ± 0,60
Grande	305,26 ± 0,02	58,10 ± 0,70

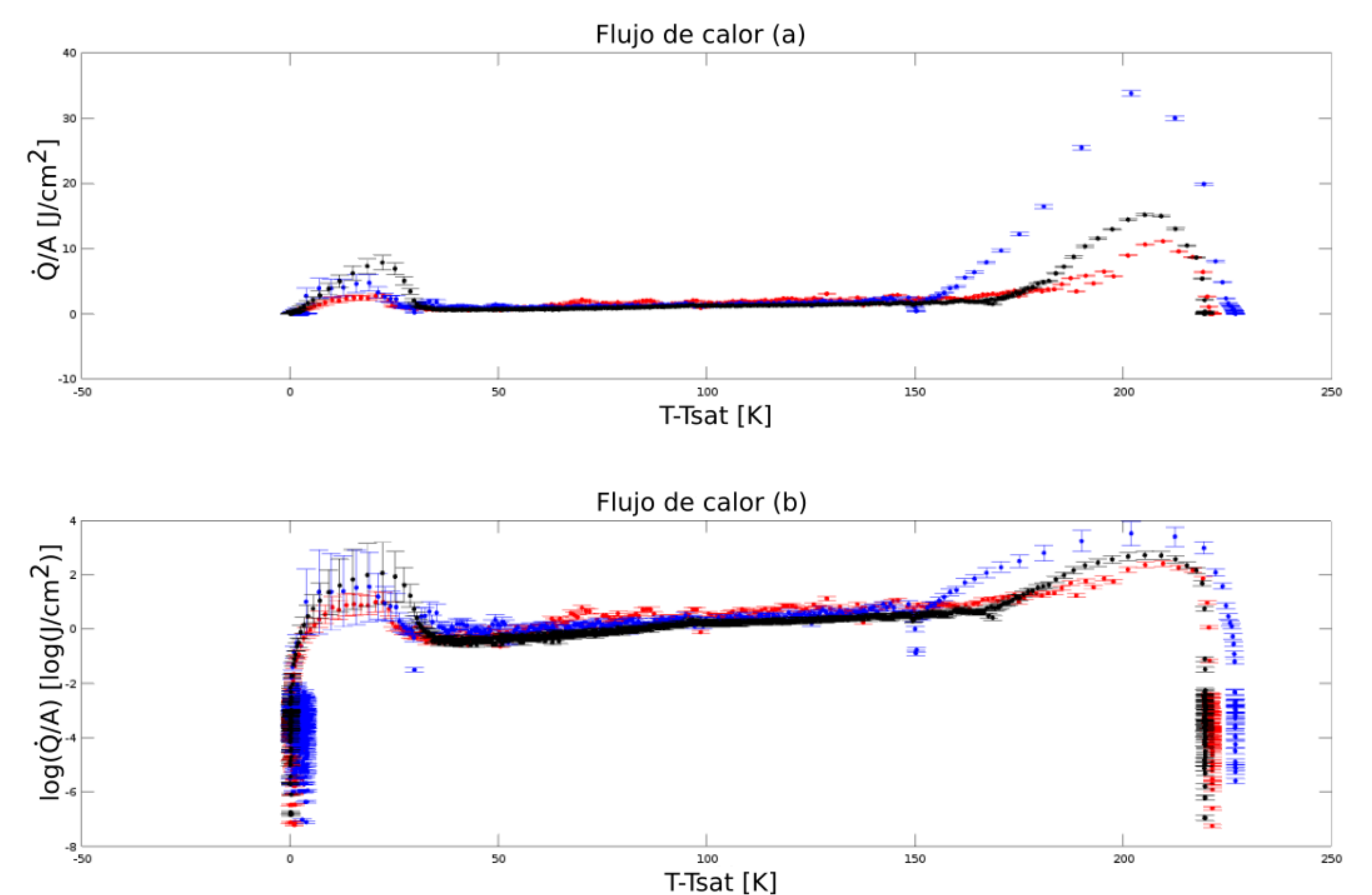
RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La siguiente figura muestra $T - T_{SAT}$ en función del tiempo, siendo el gráfico rojo correspondiente al cobre chico, el azul al cobre mediano y el negro al cobre grande.



Se puede ver que el cilindro de mayor masa es el que más tarda en enfriarse. Los cilindros mediano y chico, dado que tenían dimensiones similares, tardan un tiempo similar en enfriarse pero el cilindro más chico termina por enfriarse más rápido.

Dado que se conoce $C_P(T)$ [3], y tomando los datos de cada cilindro de la tabla, podemos calcular \dot{Q}/A en función de $T = T_{SAT} - T$ mediante la ecuación 1; en la siguiente figura se observa el gráfico (a) en escala lineal y el (b) en escala logarítmica (las referencias de los colores respecto a los cilindros es la misma que la figura anterior)



Los puntos críticos, tanto de máxima como de mínima transferencia alcanzados en la primera etapa de nucleación y transferencia, se encuentran para los tres sólidos dentro de un mismo rango de temperaturas siendo (20;22)K y (31;36)K respectivamente. Los tres cuerpos atravesaron la etapa de nucleación, transición y transferencia por radiación, para luego atravesar de forma inversa las mismas etapas hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Dados los valores de \dot{Q} máximo y mínimo, los valores hallados de $\Delta T = T - T_{SAT}$ correspondientes a los mismos se pueden ver en la siguiente tabla

Cobre	ΔT_{max} [°K]	ΔT_{min} [°K]
chico	23 ± 2	38 ± 1
mediano	19 ± 3	29,9 ± 0,5
grande	22 ± 2	36 ± 1

CONCLUSIONES

Se consiguió ver la forma en que el efecto Leidenfrost afecta la transferencia de calor de los sólidos de cobre al nitrógeno. Los tres cuerpos atravesaron por todas las etapas que implica el efecto.

El tiempo de enfriamiento resultó mayor para el cilindro más macizo, mientras que el cilindro de tamaño y masa intermedia tuvo los cambios más abruptos en la variación de flujo calorífico.

REFERENCIAS

- [1] <http://materias.df.uba.ar/labo4Ba2016c1/files/2012/07/Leidenfrost-corregida.pdf>
- [2] http://www.pyromation.com/downloads/data/emfk_c.pdf
- [3] <http://sci-hub.cc/http://dx.doi.org/10.1063/1.555728>