



## Interferómetro de Ondas Térmicas para Caracterización Térmica de Líquidos

A. Bermejo Arenas<sup>1</sup>, E. Marín<sup>2</sup> y A. Calderón<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

### Resumen

Describimos la implementación de un analizador fototérmico para líquidos basado en el principio TWI, Thermal Wave Interferometry, con detección piroeléctrica, cuya aplicación ha sido demostrada para la caracterización de líquidos y gases. Para esto, aplicamos la técnica fototérmica a una cavidad formada por dos capas, una metálica y la otra un sensor piroeléctrico, entre ellas se coloca la muestra a investigar. Presentamos el diseño mecánico y electrónico del dispositivo que servirá para iniciar las mediciones y determinar en trabajos posteriores la difusividad térmica de muestras líquidas contenidas en la cavidad.

### Introducción

En la actualidad existen diversas técnicas experimentales para el estudio de las propiedades térmicas de los materiales, aunque existen un número elevado de estudios sobre materiales sólidos, para materiales líquidos existe muy poca literatura al respecto. Las **Técnicas Fototérmicas** son técnicas experimentales en las que la energía luminosa se hace incidir de forma periódica sobre el material investigado, siendo parte de ella absorbida y parcialmente transformada en calor. La temperatura del material varía con la misma periodicidad que lo hace la radiación incidente, introduciendo cambios en los parámetros del material. La detección de estos cambios es la base de los diferentes esquemas experimentales.

### Procedimiento Experimental

Si la longitud  $L$ , es variada continuamente durante un experimento, y la temperatura en  $x=L$  es medida para cada valor de  $L$  entonces la onda de temperatura puede expresarse como:

$$T(L) = T_0 \frac{\exp(-qL)}{1 - \gamma \exp(-2qL)}$$

$T_0$  es la temperatura en  $x=0$

$$\gamma = R_{Al-g} R_{pe-g}$$

$R_{Al-g}$   $R_{pe-g}$  son los coeficientes de reflexión en las intercaras

$q$ = número complejo de la onda,  $q=(i\omega/\alpha)^{1/2}$

$\mu$ = longitud de difusión térmica,  $\mu=(2\alpha/\omega)^{1/2}$

La señal del piroeléctrico es proporcional a la temperatura dada por la ecuación anterior. La señal compleja es enviada a un Lock-In donde es medida en amplitud y fase para que después ajustando esa ecuación se determine la difusividad que se encuentra dentro del parámetro  $q$ , donde:

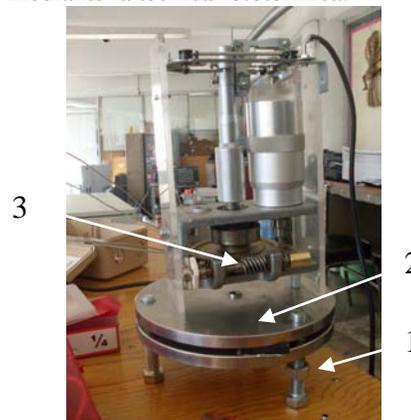
$\alpha$  = difusividad térmica del medio de propagación.

### Resultados y Análisis

A partir de un mecanismo de los utilizados en robótica, un microcontrolador manipula un motor a pasos cuyo eje está acoplado a un encoder el motor acerca o aleja las dos

superficies utilizadas, una de ellas es una lámina de aluminio la cual absorbe la luz proveniente de un haz láser modulada con un frecuencia de 13 hertz y se generan ondas térmicas, estas son detectadas por un sensor piroeléctrico y adquiridas por un Lock-In, se toman los valores de amplitud y fase y por medio de un análisis matemático se obtiene la efusividad y la difusividad de la muestra que se coloque entre las placas.

Se desarrolló y diseñó el siguiente dispositivo para medición mediante la técnica fototérmica.



**FIGURA 1.** Se muestra el Interferómetro con los subsistemas que lo componen : 1. nivelación, 2. amortiguamiento, 3. Sistema para la retroalimentación de la posición ( Encoder).

### Conclusiones

Construimos un Interferómetro de Ondas Térmicas para realizar la determinación de la difusividad térmica de líquidos resultando en un mecanismo con dos tornillos micrométricos para realizar mediciones con pasos de 5  $\mu$ m.

### Agradecimientos

Agradecemos al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo en este trabajo.

### Referencias

- [1] **Rosenzweig** A. y A. Gersho, Photoacoustic Spectroscopy, Physics Today, 1975 pp 47, 64
- [2] **Almond** D. P., Photothermal Science and Techniques, Chapman and Hall, USA, ISBN 0-13.215996-1, QA 402.C32 pp 85-143, 1973
- [3] **Alonso** M. Y y Finn E. J., Fundamental University Physics, III, Quantum and Statistical Physics, Addison Wesley Publishing Company, 1986
- [4] **Marín** E., Sensores basados en las técnicas fototérmicas: Fundamentos y aplicaciones, EIBAS 05, La Habana 2005