

## APLICACIONES OPTICAS EN LA METROLOGÍA

Aníbal Valera, Carmen Eyzaguirre, Luis Palacios, Roddy Ramos, Luis Mosquera

Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ciencias

### RESUMEN

*Un requisito básico de la Industria moderna actual; ya sea metalmecánica, electrónica o de construcción, es la precisión en su producción, dependiendo al fin y al cabo de este factor, la calidad de un producto. Constituyendo "La Metrología" la ciencia de la medición, presentamos en este Artículo algunas técnicas de mediciones ópticas implementadas en nuestro Laboratorio. Se presenta equipos para efectuar: mediciones espectrales de radiación (Transmisión, absorción), medición de espesores, mediciones de desplazamientos.*

### ABSTRACT

*A basic requirement of the actual modern Industry is its ability to work with precision machinery, specially in branches as: Metal-mechanics, electronic and construction. The goal has been to increase productivity and quality employing precision engineering. Metrology, the science of measurements, was the keystone of this development. In this article we present some local contributions in the optical Metrology. We describe laboratory equipment to measure : spectral optical response (Transmission, Absorption), thickness and displacement lengths determinations.*

### INTRODUCCION

Metrología, la Ciencia de la Medición, es la ciencia más remota cultivada por la humanidad. No se podría entender de otro modo, como así se pudieron realizar construcciones fabulosas de gran precisión, como por ejemplo las pirámides egipcias o las construcciones pétreas de los antiguos peruanos. De la información arqueológica que se dispone, se sabe que las antiguas civilizaciones desarrollaron métodos sorprendentemente exactos para medir cuatro cantidades básicas: Longitud, área, volumen y peso; así por ejemplo el **Acre** era una medida de superficie y constituía en la práctica la cantidad de terreno que una pareja de bueyes podía arar en un día y la longitud del surco el **estadio** (o Furlong), lo que equivale actualmente aproximadamente a 201 metros /Ref 1/. Uno de los mas antiguos Patrones de longitud: **El pie de Gudea** (gobernador de Lagash / en Mesopotamia /

año 2575 a.C.), preservados hasta la fecha, gracias a su

registro explícito en una estatua, este "pie" tiene una longitud de 26.45 cm y se encuentra dividido en 16 partes. El sistema de longitudes egipcio estaba constituido por **el dígito** (1.87 cm), la Palma (4 dígitos), la mano (5 dígitos), el cúbito (28 dígitos/ 52.40 cm). En las culturas americanas eran típicas las unidades : 15.8 cm y 1.117 m /Ref. 2/.

La Historia del desarrollo de la Metrología continua hasta nuestros días. En la actualidad la variedad de unidades y/o patrones existentes es tan diverso, que no solo depende de la magnitud física a ser determinada sino también del rango correspondiente. El advenimiento de la Tecnología Láser y otras técnicas afines: fibras ópticas, óptica integrada, etc., en los últimos años esta contribuyendo a producir a su vez una notable renovación de la Metrología en general, disponiéndose en la actualidad de sensores optoelectrónicos

les se encuentra el objeto a ser medido. Las líneas de interferencia producidas por la cuña son observadas y contadas usando un microscopio. El arreglo esta dispuesto para medir espesores entre 0 y 1 mm con una precisión de 300 nm.

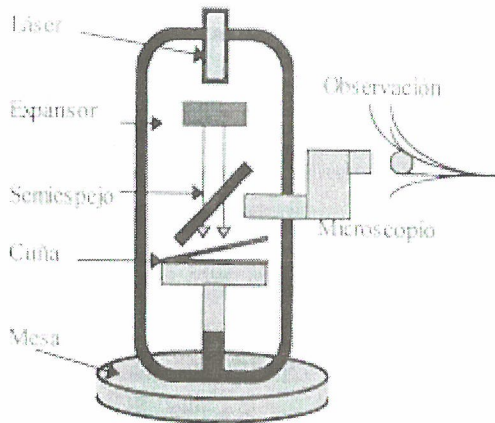


Figura 5: Diagrama esquemático del Módulo Interferométrico (Arreglo Fizeau) para medición de espesores /Ref 6/.

### 3 MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS.

#### 3.A DESPLAZAMIENTOS LINEALES

Se diseño y optimizó un medidor interferométrico de desplazamientos. En la figura 6 se presenta esquemáticamente el experimento : Un rayo Láser (633 nm, 5 mW) se dirige hacia un detector fovoltaico (DFS03), provisto de una ventana semitransparente, en donde el rayo de luz es reflejado parcialmente, coincidiendo la dirección reflejada con la dirección incidente, produciéndose así una onda estacionaria debido a la mutua interferencia. En estas condiciones, cualquier variación de la distancia entre emisor o detector, produce una alteración que es detectada eléctricamente en un osciloscopio o también como una señal acústica a través de un amplificador audio /Ref 7/.

El equipo ha sido calibrado para operar hasta distancias del orden de 6 m. En operación estática (Detector fijo), el sistema capta las vibraciones del edificio y/o las vibraciones producidas, por ejemplo, cuando una persona camina en el ambiente. En condiciones dinámicas (Detector en movimien-

to), el sensor fovoltaico va a detectar una alteración secuencial que es observada y almacenada en un osciloscopio. Así, por ejemplo, para una alteración relativa (velocidad del detector) de 60 mm/h se va a detectar una señal alterna de 3.16 KHz y para un desplazamiento de 5 mm/h se va a detectar una señal de 158 Hz.

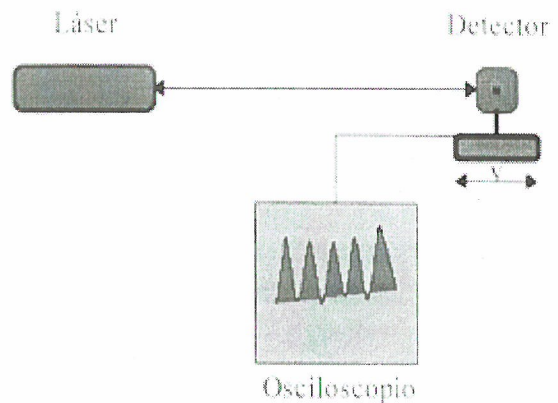


Figura 6: Diagrama esquemático del montaje interferométrico aplicado a la medición de desplazamientos /Ref 7/.

#### 3.B DESPLAZAMIENTOS TRANSVERSALES

Se diseño y optimizó un medidor fovoltaico de desplazamientos transversales /Ref 8/. En la figura 7 se presenta de manera esquemática la Disposición experimental empleada.

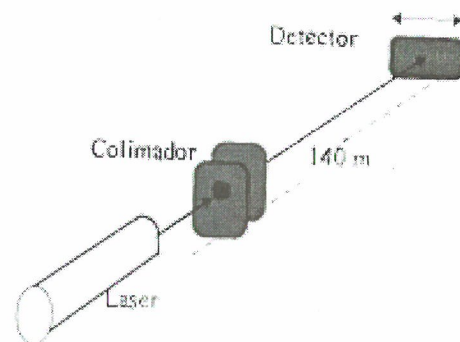


Figura 7 : Diagrama esquemático del sistema empleado en la medición de desplazamientos a distancia /Ref 8/.

Una fuente Láser (633 nm, 5 mW) es alineado y colimado, tal que, a una distancia de 140 m, el rayo incide puntualmente. A esa distancia se localiza el detector fovoltaico. En la practica el detector se encuentra fija a una estructura, cuyo desplazamien-

to transversal se quiere determinar. Dependiendo del rango a evaluar se emplea diversos sensores duales, en particular el detector (DFD03) /Ref. 9/ se emplea para el rango de 10 mm con una precisión del orden del 1%.

### 3.C DESPLAZAMIENTOS ANGULARES

Se diseñó y optimizó un sistema fotovoltaico de detección de desplazamientos angulares. En la figura 8 se presenta de manera esquemática el arreglo experimental:

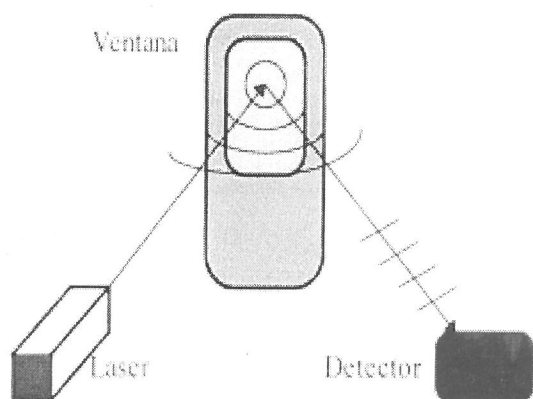


Figura 8: Diagrama esquemático del sistema empleado en la medición de desplazamientos angulares.

Un rayo láser (633 nm, 5 mW) se dirige hacia un obstáculo, cuya vibración se quiere determinar, por ejemplo en la figura 8 la ventana de una cabina, cuyas paredes vibran por efecto de una conversación en su interior, al reflejarse el rayo en la superficie, la vibración impuesta modula ligeramente la dirección de reflejo. El rayo así modulado incide finalmente sobre un detector Fotovoltaico (DFQ02) /Ref 9/, traduciéndose así la variación geométrica en una señal eléctrica, que es detectada por un osciloscopio o directamente por un amplificador audio (Parlante), escuchándose en este último caso directamente el sonido producido en la cabina.

Actualmente se encuentra en evaluación un Sismógrafo de detección óptica en base al principio descrito.

### CONCLUSIONES

En este Artículo presentamos algunas técnicas metrologicas actuales en base a la aplicación de diversos efectos ópticos, que si bien se han demostrado absolutamente necesarios para cumplir con las exigencias propias de los trabajos de Investigación desarrollados en nuestro Laboratorio, su aplicación a otras Ramas o requerimientos es inmediato: Industria Metalmeccanica, Industria de Construcción, etc., dependiendo esta, esencialmente del rango a medir y la precisión deseada.

### REFERENCIAS

- /1/ **Stille, Ulrich.** "Messen und Rechnen in der Physik". Vieweg Ver. Braunschweig, Alemania, 1961.
- /2/ **Milla, Carlos.** "Genesis de la Cultura Andina". Fondo Editorial C.A.P. Colección Bional, Lima/Perú, 1983.
- /3/ **Eyzaguirre, Carmen.** "Desarrollo de un Espectrometro Fotoacustico y su aplicación a materiales fotovoltaicos y biológicos" Tesis de Maestría en Física, UNI / Ciencias Dic. 97.
- /4/ **Mosquera, Luis.** "Mediciones de Fotocorriente espectral en celdas solares de unión Schottky: CdS/Au". Tesis de Licenciatura en Física, UNI / Ciencias. Abril 97.
- /5/ **Valera, Aníbal** "Photoelectric Response of Thin Films for Solar Cells" in SURFACE SCIENCE, pags. 361 -367.  
Ed. by Ponce, F. y Cardona, M. Springer Verlag, Berlin, 1991.
- /6/ **Valera, Aníbal y Eyzaguirre, Carmen.** "Optica Física". Ed. Hozlo, Lima/Perú, 420 pag., Nov. 1997.
- /7/ **Ramos, Roddy.** "Medición de pequeños desplazamientos". Reporte Interno, UNI, Lima / Perú, Feb. 1998
- /8/ **Palacios, Luis.** "Medición de movimientos transversales remotos"  
Reporte Interno, UNI, Lima / Perú, Mar. 1998
- /9/ **Eyzaguirre, Carmen.** "Diseño y construcción de detectores fotovoltaicos para uso múltiple". Reporte Interno, UNI, Lima / Perú, Nov. 1997

