

CONCEPTOS BÁSICOS DE CALIDAD ÓPTICA



Erick Barrios Barocio; Roxette Ramírez Arvidez.
Óptica v.2025

En la industria óptica, hay varias cantidades que cuantifican la calidad de una superficie óptica. Es importante tomar en cuenta estos conceptos ya que permiten conocer y, en cierto grado, cuantificar la capacidad que tienen los elementos ópticos para generar resultados de calidad. De igual forma, en el caso de la planeación presupuestal de experimentos, permiten tener una idea del costo-beneficio requerido.

Contenido

1	PLANITUD DE LA SUPERFICIE.....	1
2	ERROR DE POTENCIA.....	1
3	CALIDAD DE LA SUPERFICIE.....	2
4	REFERENCIAS.....	3

1 PLANITUD DE LA SUPERFICIE.

Esta cantidad cuantifica la desviación de componentes ópticos planos, a partir de una superficie plana calibrada llamada *plano óptico*. Cuando ambas superficies están en contacto, un mapa de contornos o franjas de interferencia es visible (Figura 1). Cada franja (brillante u oscura) corresponde a una separación, entre la superficie de referencia y la superficie bajo inspección, de media longitud de onda ($\lambda/2$). El error (o diferencia) entre las superficies se cuantificará en múltiplos o fracciones de dicho valor. Usualmente en estas pruebas se utiliza luz verde ($546.1nm$) o roja ($632.8nm$).

Cuando las franjas son rectas paralelas espaciadas uniformemente, la superficie bajo prueba es igual de plana que la superficie de referencia. Si las franjas están curvadas, el número de franjas dividido por 2 (oscuras y brillantes) que hay entre dos líneas rectas imaginarias, una tangente al centro de una franja y la otra que conecte los dos extremos de esa misma franja, indicará el error en la planitud (Figura 1). Así, por ejemplo, un error de λ implica una desviación entre la superficie bajo prueba y el plano óptico del orden de $640nm$ (en caso de haber usado luz de dicha longitud de onda).

Entre menor sea el número de franjas de desviación observadas se tendrá mayor precisión en la medición de la separación entre los componentes. En la Tabla I ^[1,2] se muestran los valores más comunes de planitud en un elemento óptico.

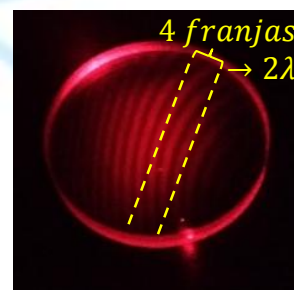


Figura 1. Franjas de interferencia producida por dos superficies ópticas. El error en la planitud de la superficie es de 2λ .

2 ERROR DE POTENCIA.

Esta cantidad es el equivalente de la planitud, pero para superficies curvas. La superficie de referencia tiene un radio de curvatura preciso e inverso al del elemento que se desea analizar. Desviaciones en la superficie del elemento crearán anillos de interferencia. Entre más anillos se observen, mayor será la desviación.

Existen dos formas en que los anillos se pueden distorsionar: si la superficie bajo análisis tiene un radio de curvatura distinto (produciendo anillos de ancho y separación variables), o que la superficie tenga alguna irregularidad, lo que se refleja en irregularidades en los anillos.

Tabla 1. Ejemplos de valores de planitud ^[1,2].

Valor	Grado	Aplicaciones
λ	Típico	Utilizados donde las distorsiones del frente de onda no son importantes. Costo bajo.
$\lambda/4$	Precisión	Adecuado para aplicaciones láser y de imagen con baja distorsión como cámaras comerciales.
$\lambda/20$	Alta Precisión	Para aplicaciones de interferometría láser y procesamiento de imágenes de alta calidad. Aplicaciones de investigación. Costo alto.

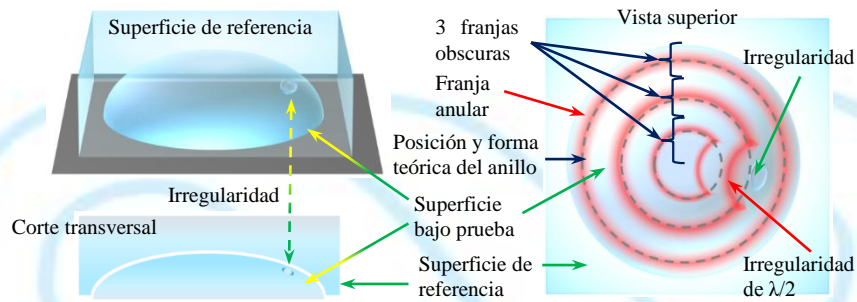


Figura 2. Representación gráfica de la medición de la desviación entre una superficie de referencia y una superficie curva.

En el ejemplo de la Figura 2, la superficie convexa bajo prueba presenta una irregularidad con una desviación de aproximadamente $\lambda/2$ ya que la trayectoria de la franja se deforma hasta una distancia de media franja hacia adentro. Además, dado que hay 3 franjas de interferencia anulares (asumiendo que ambas superficies están en contacto en el centro), la diferencia en el radio de curvatura entre las superficies será proporcional al número de franjas por la longitud de onda en utilizada. Entre mayor sea el número de anillos de interferencia, el error en la potencia será mayor ^[1, 2].

3 CALIDAD DE LA SUPERFICIE.

La calidad de superficie óptica se describe catalogando las imperfecciones que se pueden visualizar en ella. Estos defectos reducen la calidad de las imágenes ya que dispersan la luz y se clasifican en dos tipos: rayaduras o hendiduras, y se especifican con un par de números basados en referencias convenidas.

Para las rayaduras se tienen valores (definidos de forma arbitraria) de 10, 20, 40, 60 y 80 dependiendo de su brillo (menor – mayor), este número indica su clasificación respecto de una referencia y bajo métodos de visualización específicos (los resultados pueden variar de una compañía a otra, e incluso algunas afirman que el número es el ancho de la rayadura en μm) ^[5, 6].

Para las hendiduras la cantidad está dada por su diámetro en $mm \times 100/mm$ (Figura 3). Por ejemplo, un componente con una hendidura de 0.4mm de diámetro se representa con un número de 40. En la Tabla II se muestran las parejas de valores comunes.

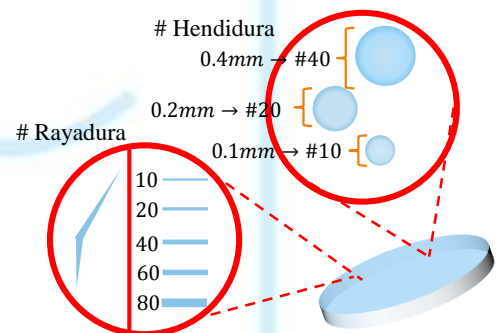


Figura 3. Características de la calidad de una superficie óptica. Tanto rayaduras como hendiduras se comparan con estándares.

Tabla II. Valores típicos de Rayaduras y hendiduras ^[5,6] .		
#Rayad : #Hend	Calidad	Aplicaciones y características
80:50	Muy baja	De muy fácil fabricación.
60:40	Baja	Calidad comercial, para aplicaciones laser de baja potencia donde la dispersión no es importante.
40:20	Moderada	Aplicaciones de investigación científica estándar con tolerancia de baja dispersión y baja potencia laser.
20:10	Alta	Calidad de precisión, estándar mínimo para espejos para laser y cavidades ópticas usadas para potencias laser moderadas y altas. Minimizando dispersión.
10:5	Muy alta	Usadas para las aplicaciones demandantes como óptica laser intra-cavidad o aplicaciones de muy alta potencia.

4 REFERENCIAS.

- [1] Edmund Optics. *Understanding Surface Quality Specifications*. (2018).
www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/understanding-surface-quality-specifications/
- [2] Newport®. *Technical note. Optical Surfaces*. (2018).
<https://www.newport.com/n/optical-surfaces>
- [3] D. M. Aikens, *The Truth About Scratch and Dig*. In International Optical Design Conference and Optical Fabrication and Testing , OSA Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2010).