

## Instituto de astronomía

### Publicaciones Técnicas



---

**“Comunicación interna”**

**CI-2010-07**

**PRUEBA DE RONCHI AL SISTEMA DE COLIMACIÓN DEL BRAZO AZUL  
DEL ESPECTRÓGRAFO ESOPO.**

J.M. Núñez, C. Tejada, L. Gutiérrez, M. Pedrayes, G. Sierra, A. Farah.

Septiembre de 2010

---

# **Prueba de Ronchi al Sistema de Colimación del Brazo Azul del espectrógrafo ESOPO**

Juan Manuel Núñez, Carlos Tejada, Leonel Gutiérrez, María Pedrayes, Gerardo Sierra y Alejandro Farah.

Instituto de Astronomía, Observatorio Astronómico Nacional, UNAM.

## **RESUMEN**

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación del subsistema formado por el colimador y la lente de campo del espectrógrafo ESOPO, utilizando la prueba de Ronchi.

## ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- COLIMADOR	1
3.- PRUEBA CLÁSICA DE RONCHI	2
4.- RESULTADOS EXPERIMENTALES	4
5.- CONCLUSIONES	7
REFERENCIAS	7

## 1.- INTRODUCCIÓN

Durante la temporada de pruebas preliminares al espectrógrafo ESOPPO (**ES**pectrógrafo **OPT**ico de mediana resolución para el **OAN**), actualmente en desarrollo, realizadas en el mes de diciembre de 2009, uno de los subsistemas que debían ser evaluados es el subsistema formado por el colimador y la lente de campo del espectrógrafo. Entre lo que debía verificarse está la posición exacta de la rendija, determinada por la posición focal del colimador. Así mismo, era necesario verificar el buen desempeño del colimador. Para la evaluación del subsistema, la prueba seleccionada fue la prueba de Ronchi. En este trabajo describimos brevemente en lo general esta prueba óptica, así como los detalles de la prueba aplicada al espectrógrafo Esopo.

## 2.- COLIMADOR

El colimador es un sistema óptico que tiene la función de transformar un frente de onda esférico en un frente de onda plano, ya sea por refracción o reflexión en el sistema óptico usado.

Para el caso del espectrógrafo ESOPPO, el colimador está compuesto por un triplete y utiliza un doblete (lente de campo) que permite homogeneizar los campos divergentes que llegan a él y así evitar la presencia de aberraciones [1].

La calidad de la colimación depende de dos condiciones: a) En primer lugar, depende de la precisión con la que el objeto es colocado en la posición focal del sistema colimador. b) También depende de las aberraciones del sistema óptico que se usa como colimador.

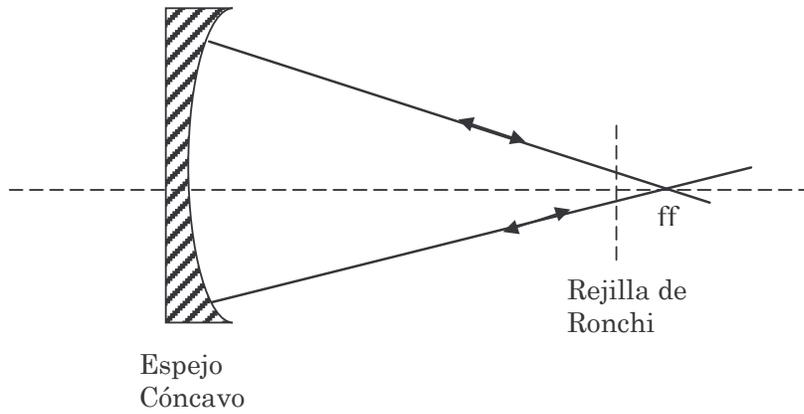
Una prueba óptica que permite determinar la posición de la distancia focal del sistema óptico, al mismo tiempo que permite evaluar el sistema de manera cualitativa es la prueba de Ronchi.

### 3.- PRUEBA CLÁSICA DE RONCHI

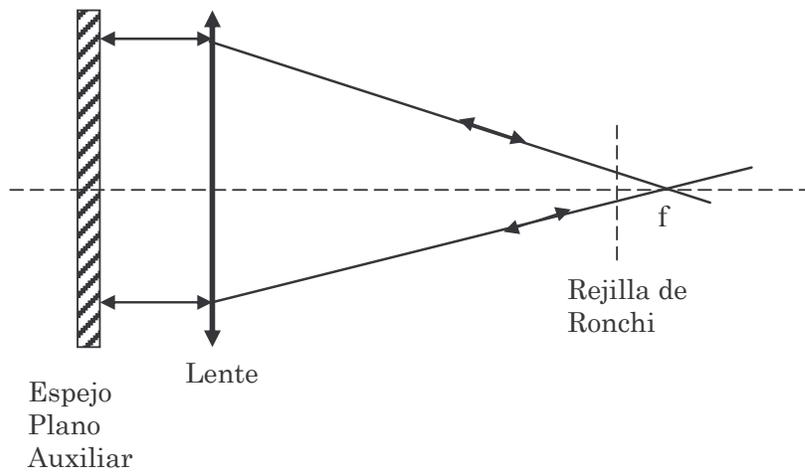
La prueba de Ronchi es una de las más usadas en los talleres de óptica ya que resulta bastante económica y fácil de implementar. Esta prueba consiste en colocar una rejilla (placa de vidrio en la cual están grabadas un conjunto de bandas rectas e igualmente espaciadas) cerca del plano imagen del sistema óptico bajo prueba. Cuando la prueba se lleva a cabo en el laboratorio, la rejilla es iluminada con una fuente divergente y colocada en una posición para la cual se garantiza que el sistema óptico bajo prueba formará una imagen muy cerca de la posición de la rejilla (para el caso de un espejo cóncavo esta posición está cerca del centro de curvatura del espejo, y para el caso de una lente convergente la posición está cerca de la posición focal); la imagen de la rejilla formada por el sistema óptico bajo prueba se superpone con la rejilla original produciendo así un patrón conocido como ronchigrama [2,3,4].

Esta prueba ha sido ampliamente usada tanto para probar superficies ópticas cóncavas como para alinear superficies ópticas cóncavas segmentadas [5,6]. En la Figura 1 se muestra un par de arreglos esquemáticos para evaluar un espejo cóncavo y una lente. Para facilitar la realización de la prueba de Ronchi se han construido algunos probadores de Ronchi que utilizan luz blanca [2] y luz monocromática [4].

Es importante mencionar que la prueba de calidad de un sistema óptico usando la prueba de Ronchi puede ser realizada en dos niveles: El primero es el más sencillo y consiste en determinar la calidad del sistema óptico sólo en forma cualitativa, mientras que el segundo permite hacerlo en forma cuantitativa, para lo cual es necesario grabar el patrón obtenido. En este caso, se pueden obtener posteriormente las características del patrón, las cuales son evaluadas mediante programas de computadora que nos permiten conocer con mayor exactitud la forma del frente de onda que proviene del sistema bajo prueba. Una de las variantes para la cuantificación de la prueba de Ronchi es el uso de una rejilla cuadrículada en lugar de la rejilla clásica, ya que permite hacer un solo ajuste de mínimos cuadrados durante la evaluación del patrón obtenido.



(a)



(b)

Figura 1.- Arreglo esquemático de la prueba de Ronchi para probar: a) Espejo cóncavo y b) Lente.

Los ronchigramas representan las componentes de la aberración transversal del frente de onda y han sido ampliamente estudiados. En la Figura 2 se muestran algunos ronchigramas típicos de un sistema con aberraciones como: esférica, coma y esférica con astigmatismo. Y también se incluye un ronchigrama libre de aberraciones.

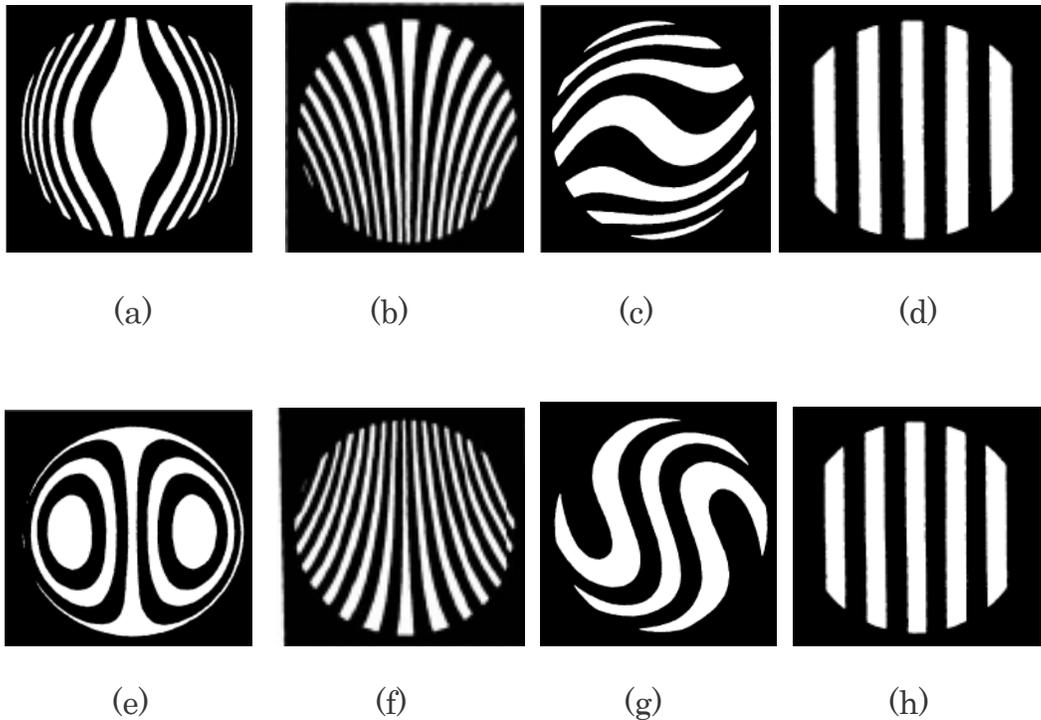


Figura 2.- Ronchigramas típicos. Posiciones intrafocales: (a) Aberración esférica, (b) Aberración de Coma, (c) Esférica con astigmatismo (d) Libre de aberraciones. Posiciones extrafocales: (e) Aberración esférica, (f) aberración de Coma (g) Esférica y astigmatismo, (h) Libre de aberraciones. (Ronchigramas simulados; Cortesía de A. Cornejo [3]).

#### 4.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para evaluar en el espectrógrafo Esopo el sistema formado por el colimador y la lente de campo, hemos usado la prueba óptica de Ronchi. En la Figura 3 se muestra el arreglo experimental para la prueba dentro de la estructura mecánica del espectrógrafo. El probador de Ronchi (ver Figura 4) contiene una fuente de luz monocromática (usa un *diodo emisor de luz* o LED) la cual ilumina a una rejilla de Ronchi, en este caso de 50 líneas/pulgada; la luz emitida por el probador de Ronchi pasa a través de la lente de campo y es reflejada por el espejo plano, desde donde los rayos de luz son enviados al triplete, el cual colima todo el haz de luz. En la zona colimada se encuentra un espejo auxiliar que tiene la función de regresar el haz de luz en la misma dirección de donde llegó, pasando nuevamente por el triplete, el espejo plano y la lente de campo hasta formar la imagen de la rejilla de Ronchi cerca del plano de la rejilla real.

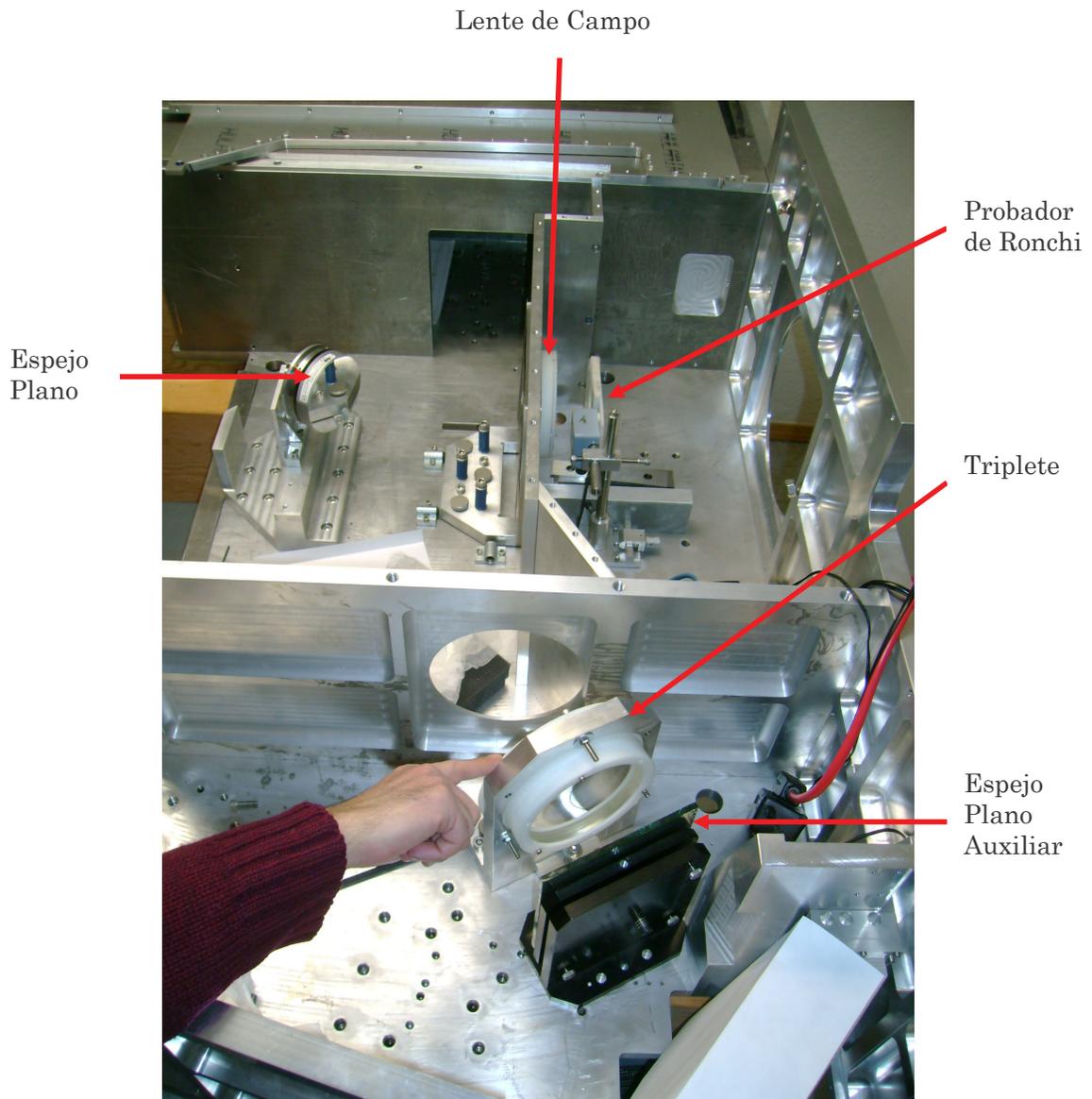


Figura 3.- Arreglo experimental de la prueba de Ronchi dentro de la estructura mecánica del espectrógrafo ESOPO para probar el sistema formado por el colimador y la lente de campo.

La determinación de la distancia focal del sistema óptico colimador usando la prueba de Ronchi, consiste en encontrar la posición del menor número de franjas del ronchigrama, que desde el punto de vista de óptica geométrica ocurre cuando la imagen se forma justamente en el mismo plano de la fuente de iluminación, lo que indica que es la posición focal. Esta posición se localizó a 270 mm medidos con respecto a la interfaz del espectrógrafo con la platina, y su determinación fue muy importante ya que es la posición donde se deberá colocar la rendija.

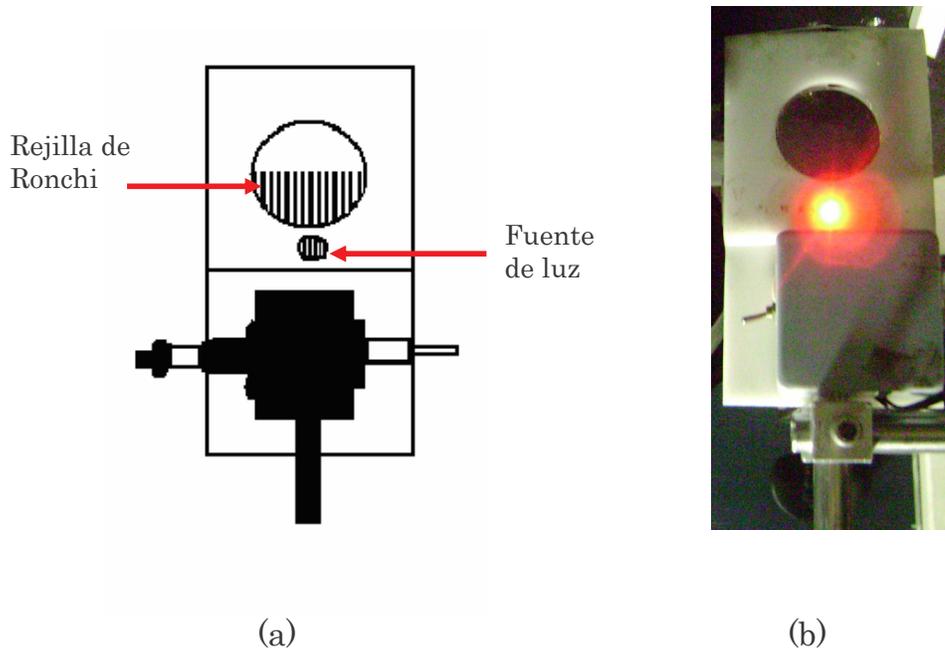


Figura 4.- Vista de frente del probador de Ronchi: a) Dibujo esquemático b) Fotografía del probador usado.

La adquisición de la imagen del ronchigrama se hizo utilizando el telefoto de una cámara Nikon. Lo incompleto del patrón obtenido se debe a las dificultades para montar una cámara en ese lugar debido al espacio reducido, razón por la cual se tuvo que realizar las tomas sosteniéndolo con las manos. En la Figura 5 se muestra uno de los ronchigramas obtenidos, en el que podemos ver que presenta franjas rectas; y en concordancia con los ronchigramas presentados en la Figura 2, corresponde a un ronchigrama libre de aberraciones.

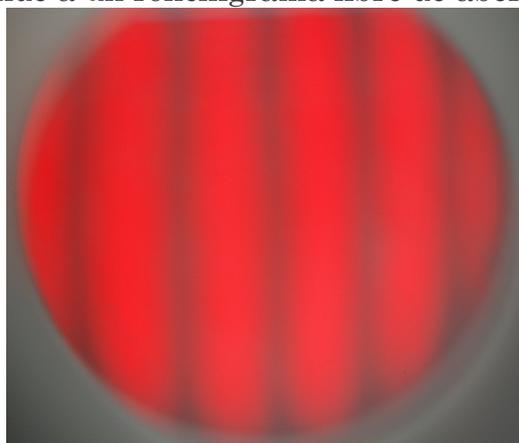


Figura 5.- Ronchigrama (de la prueba de Ronchi en doble paso) obtenidos de la prueba del sistema colimador mas lente de campo. Nótese que las franjas son rectas, que en concordancia con los ronchigramas de la figura 2 corresponde a un ronchigrama libre de aberraciones.

## 5.- CONCLUSIONES

Se realizó la prueba de Ronchi al sistema óptico compuesto por el triplete y la lente de campo del espectrógrafo Esopo. De los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente: a) Se pudo conocer la posición exacta en la cual debe de colocarse la rendija del espectrógrafo. b) Los patrones obtenidos muestran que el sistema colimador más lente de campo está libre de aberraciones.

## REFERENCIAS

- [1] J. González, C. Tejada y F. Cobos, “Diseño óptico”, Reportes internos del proyecto ESOPPO, ESOPPO-OP-A-DO1.
- [2] V. Ronchi, “Forty years of history of a grating interferometer,” *Applied Optics*, **3**, 437-451 (1964).
- [3] A. Cornejo-Rodríguez, “Ronchi Test,” en *Optical Shop Testing*, 3rd ed., D. Malacara, (Wiley, New Jersey, 2007), Cap. 9.
- [4] J. M. Núñez, A. Cordero, et al. “Improved Ronchi tester,” *Applied Optics*, **40**, 501-505 (2001).
- [5] A. Cordero, J. M. Núñez et al. “Optical alignment of segmented mirrors to the fluorescence detectors of the Pierre Auger Observatory,” *Applied Optics*, **39**, 3295-3299 (2001).
- [6] J. Salinas, E. Luna, L. Salas and J. Núñez “Experimental results on piston detection by using the classical Ronchi test, ” *Applied Optics*, **45**, 6990-6997 (2006).



**Comité Editorial de Publicaciones Técnicas  
Instituto de Astronomía  
UNAM**

**M.C. Urania Ceseña  
Dr. Carlos Chavarria  
M.C. Francisco Murillo**

**Observatorio Astronómico Nacional  
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada  
22860 Ensenada B.C.  
[editorial@astrosen.unam.mx](mailto:editorial@astrosen.unam.mx)**