

## Estudio y corrección de reflejos en las imágenes producidas por el telescopio 84cm del OAN.

J. Herrera, C. Tejada, L. Gutiérrez, G. Sierra, G. Guisa.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.  
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C., México.

### RESUMEN:

El observatorio Astronómico Nacional ubicado en la Sierra de San Pedro Mártir cuenta con tres telescopios, el menor de ellos de 84 cm de diámetro y de diseño tipo Ritchey-Cretien a  $f/15$ . Este telescopio cuenta con un guiador y el sistema de filtros MEXMAN. Durante varios años, algunos usuarios de este telescopio han venido reportando “brillos” o “reflejos” que degradan las imágenes astronómicas.

En este trabajo se revisan los antecedentes disponibles, se muestran los resultados de una temporada de observación con el objetivo de reproducir el problema y el estudio del tren óptico para determinar el origen de

dichas reflexiones mediante la simulación optomecánica del telescopio utilizando el programa ZEMAX® con trazo de rayos no secuencial.

Con base en los resultados obtenidos se planteó una solución, por medio de un *baffle* preliminar, que fue implementado en una segunda temporada de observación.

Finalmente se presentan algunas imágenes obtenidas con el *baffle* preliminar, que será substituido por uno definitivo durante los trabajos del próximo aluminizado del primario.

### Contenido

---

1._ INTRODUCCIÓN	2
2._ PRUEBAS	3
3._ GUIADOR	4
4._ SIMULACIÓN	5
5._ BAFFLE	6
6._ RESULTADOS	7
7._ CONCLUSIONES	9
8._ REFERENCIAS	9

## 1. INTRODUCCIÓN

Con fecha del 24 de abril de 2006, M. Richer presenta el reporte: “*Donas producidas por el guiador del telescopio de 84cm*” (cfr. Ref. 3) del que tomamos el siguiente párrafo:

Motivados por reportes recientes (Héctor Hernández Toledo), investigamos el asunto de reflejos débiles en imágenes directas del telescopio de 84cm. Hace varios años, se habían reportado (Simon Kemp) reflejos en forma de dona cuando uno elegía estrellas en la mitad inferior del campo del guiador. Para eliminar este problema y también disminuir la variación de la luz difusa, que también se había atribuido al espejo del guiador (Andre Moitinho), se modificó el espejo del guiador, partiéndolo en dos, hace del orden de dos años. Cuando apareció el problema de nuevo, hubo un esfuerzo reciente de modificar los baffles del telescopio, pero no tuvo efecto para disminuir los reflejos y se sugirió que pudiera todavía tener que ver con el espejo del guiador. (M., 2006)

Y más adelante, tras sus propias observaciones, concluye:

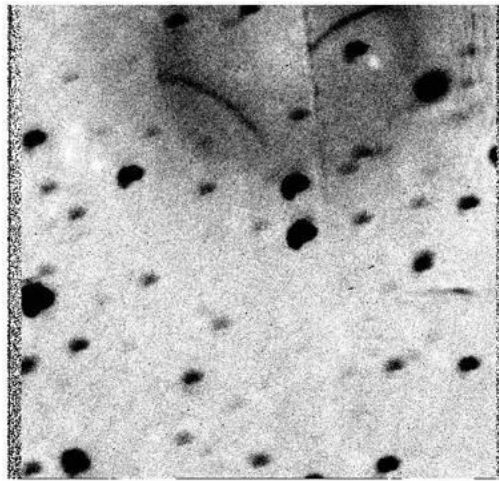
“La secuencia de imágenes demuestra que no solamente el reflejo en forma de dona está asociado al guiador, sino que existen otros con formas más usuales en forma de arcos también” (Op.cit.)

Este trabajo fue realizado para resolver el problema de reflejos en las imágenes astronómicas del telescopio de 84cm del OAN, específicamente en imagen directa utilizando la rueda de filtros MEXMAN. El telescopio cuenta con un guiador que utiliza parte del campo de visión del telescopio para el guiado. La estrella de guía puede ser seleccionada en la interfaz del software.

Los reportes de los estudios realizados por M. Richer (Op. cit.) para comprender la naturaleza de los reflejos indicaban que estos aparecen cuando la estrella seleccionada para el guiado se encuentra en la parte sur del campo, independientemente de la posición en este u oeste.

La *Figura 1* muestra el tipo de reflejos reportados. Se observa lo siguiente:

- Una dona, esto es, una imagen estelar desenfocada debida a reflexiones en interfaces aire-vidrio y/o semirreflejantes (tal vez de la ventana del CCD hacia el filtro y regreso)
- Dos segmentos curvos con centros en las partes inferiores izquierda y derecha de la imagen
- Un segmento recto inclinado de izquierda a derecha en la parte superior derecha

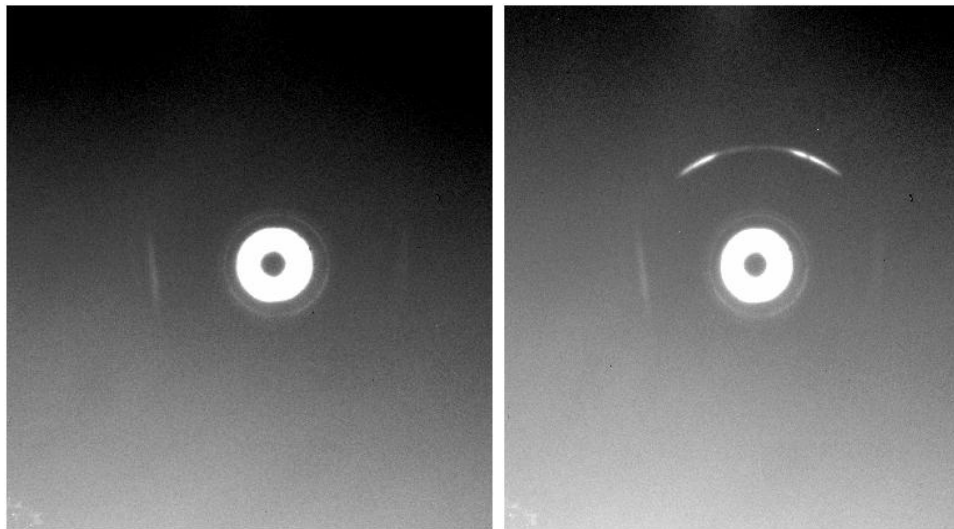


*Figura 1: Reflejos reportados y algunas estrellas. (CCD Marconi).*

## **2. PRUEBAS**

Durante el mes de Mayo del 2011 se realizó una temporada de ingeniería para investigar dicho problema. Para realizar una revisión del tren óptico completo, se utilizó el CCD ESOPO junto con un *pinhole* a manera de cámara oscura. Iluminando la cúpula podemos observar todos los objetos a lo largo del tren óptico tales como baffles, elementos del guiador, la araña del secundario, etc.

Se adquirieron imágenes para dos posiciones angulares extremas del espejo del guiador, es decir, simulando un guiado con estrella al norte y luego con estrella al sur, con la finalidad de observar las variaciones que pudiesen generarse en los reflejos buscados. La *Figura 2* nos muestra las imágenes obtenidas con la cámara oscura, donde pueden apreciarse los cambios de iluminación cuando el espejo se encuentra en las posiciones norte y sur.



*Figura 2: Imagen del tren óptico con guiador al norte (Izquierda).  
Imagen del tren óptico con guiador al sur (Derecha).*

Las imágenes tomadas con la cámara oscura evidencian principalmente la existencia de una superficie con forma de arco, que solo produce un reflejo cuando el espejo del guiador se encuentra en la posición sur.

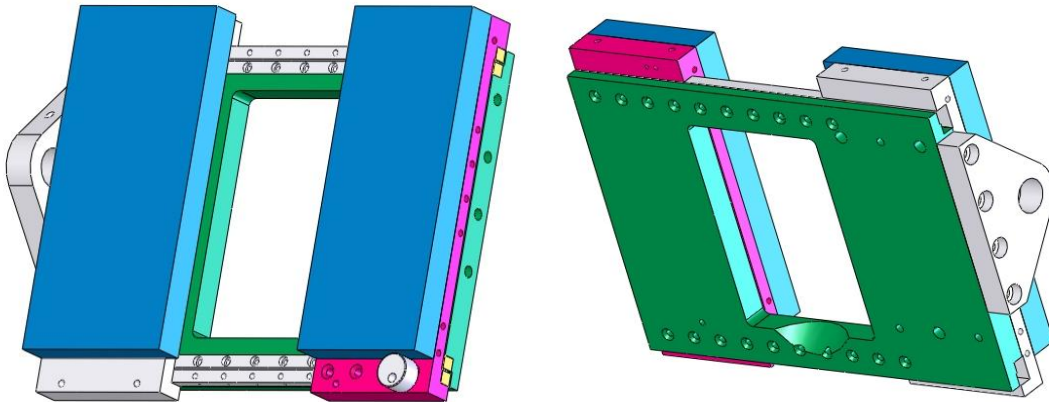
En las condiciones del experimento realizado, la cámara oscura forma una imagen de lo que está entre ella y la cúpula del telescopio, por lo tanto, aunque se ha ubicado una superficie que en cierta posición refleja luz difusa hacia el detector, es necesario corroborar la existencia de reflejos similares cuando la fuente de luz se encuentra en el infinito.

### 3. GUIADOR

El único elemento móvil que se encuentra en el tren óptico, y que pudiese generar el resultado visto en la *Figura 2* –derecha-, corresponde a la base de los espejos del guiador.

Mientras que la luz del campo central del telescopio pasa directamente hacia el detector, el campo lateral es desviado por unos espejos hacia la cámara del guiador. La inclinación de los espejos le permite al guiador observar estrellas de norte a sur, mientras que el desplazamiento lateral de la cámara le permite ver estrellas este a oeste.

La base de los espejos del guiador se muestra en la *Figura 3* -vistas correspondientes a la parte superior e inferior respectivamente-. En ésta, los objetos de color azul representan a los espejos mencionados, mientras que la parte verde corresponde a la base que los sostiene y se inclina para guiar con estrellas de norte a sur.



*Figura 3: Detalles superior e inferior de la base de los espejos del guiador.*

La *Figura 3* –derecha- muestra un corte de sección circular en la parte inferior del orificio rectangular, dicho corte fue realizado con la finalidad de evitar viñeteo en el cono de luz que viene del secundario.

La superficie de dicho corte en forma de arco queda paralela al eje óptico, cuando la inclinación de los espejos es de 45 grados con respecto al eje óptico. El elemento mecánico en cuestión se encuentra pintado de color negro para minimizar los reflejos, pero en ángulos rasantes, las superficies se tornan reflectantes.

#### 4. SIMULACIÓN

La distribución de luz que genera un telescopio sobre el detector es diferente para fuentes de luz en el infinito y fuentes cercanas. Cabe remarcar que con el uso del *pinhole* no observamos lo que el telescopio ve, sino lo que está en el camino de la luz dentro de él y en sus cercanías hacia el cielo tales como la cúpula. Una vez que hemos detectado el posible origen de las reflexiones es necesario comprobar que las imágenes formadas con el telescopio, con la influencia de dicho objeto, presentan brillos como los encontrados por los observadores. Si los brillos son producidos por la luz rasante, sobre esa superficie será necesario colocar algún tipo de baffle o barrera para impedirlo.

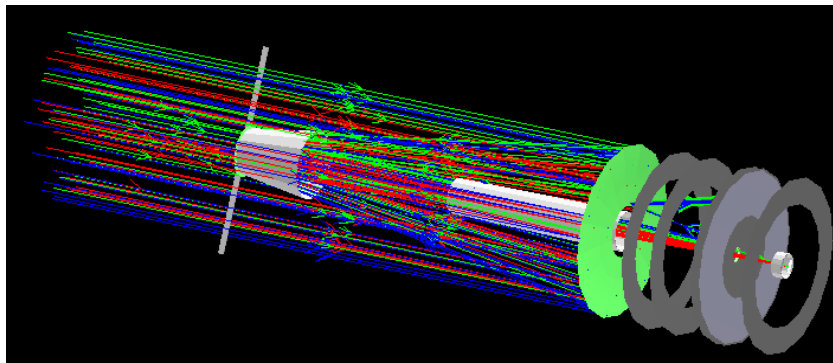
Dado que el telescopio se encuentra en uso astronómico, es imposible realizar pruebas en el telescopio y realizar las correcciones necesarias al guiador.

Para poder estudiar la formación de imágenes con el sistema completo se realizó una recolección de todos los datos correspondientes a los objetos no ópticos en el camino de la luz: cubetas, baffles, platina y guiador, además de las superficies ópticas obvias tales como primario y secundario.

Todos los datos del diseño fueron incluidos en el software de diseño óptico ZEMAX, y se realizó una simulación lo mas completa posible de las situaciones de observación

El software ZEMAX brinda la posibilidad de cargar elementos mecánicos IGS para las simulaciones y darle características ópticas como textura y reflectividad además de poder situar fuentes de luz a voluntad por el usuario y simular CCDs.

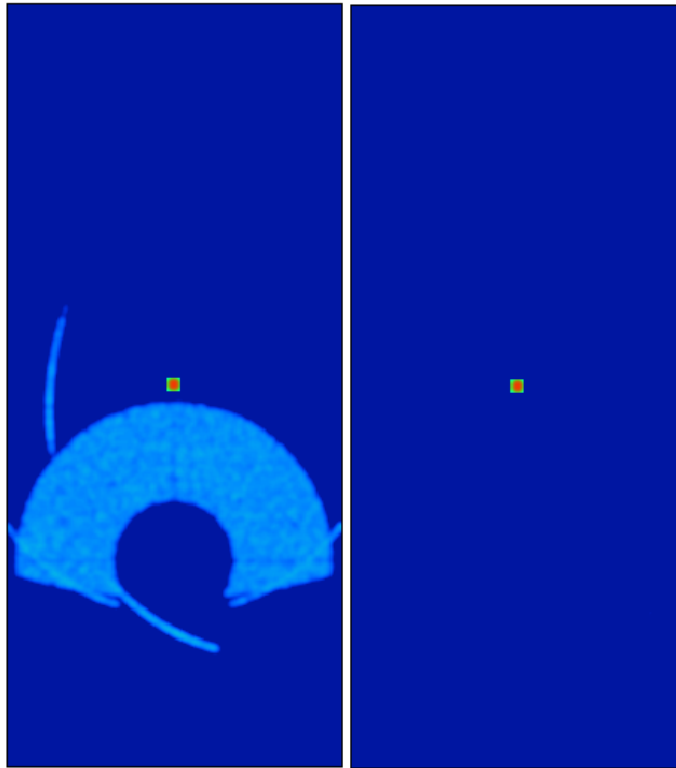
Para realizar la simulación se utilizaron fuentes de luz a manera de estrella en el infinito y se colocó una superficie detectora en el plano de la imagen para capturar la luz del sistema. Para obtener un resultado coherente con la realidad se implementó el trazo de rayos no secuencial (*Figura 4*), el cual permite múltiples reflexiones de la luz sobre un mismo objeto además de poder interactuar con cualquier superficie en el camino óptico sin importar su posición respecto de las demás.



*Figura 4: Trazo de rayos no secuencial*

En la configuración utilizada se simuló una estrella brillante fuera del campo central, como se haría con el guiador. Se realizó un trazo de rayos, con la estrella en la parte norte del campo y la siguiente con la parte sur del campo. Estas dos posiciones generan la inclinación de la base de los espejos mostrada en la *Figura 3*, provocando mayor o menor incidencia rasante de la luz sobre de ella.

La *Figura 5* –izquierda- muestra la imagen en el detector producida para estas dos posiciones, obteniendo reflejos muy similares a los reportados por M. Richer y que fueron mostrados en el ejemplo de la *Figura 1*.

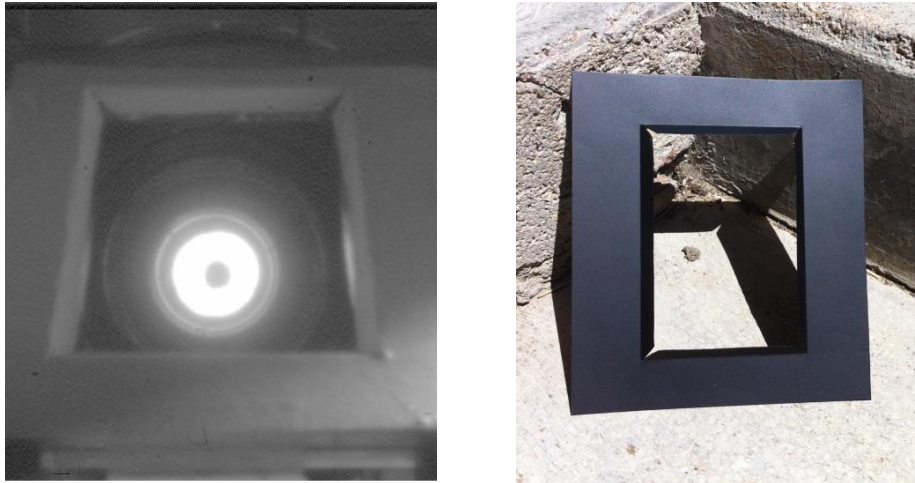


*Figura 5: Reflejos obtenidos de la simulación.*

## **5. BAFFLE**

Durante una segunda temporada realizada en el mes de junio del 2011, se diseñó un baffle rectangular con la finalidad de obstruir la luz reflejada por el corte circular mostrado en la *Figura 3* –derecha-. El baffle fue construido inicialmente en cartón color negro y colocado con cinta adhesiva en la parte inferior de la base mostrada en la *Figura 3* –derecha-.

La *Figura 6* –izquierda- nos muestra una imagen tomada con el *pinole*. En ésta se puede ver que la zona iluminada en forma de arco fue cubierta. Una vez probado el correcto funcionamiento del baffle, se construyó uno igual con una lámina de bronce, el cual fue adherido a la base de los espejos del guiador con silicón.

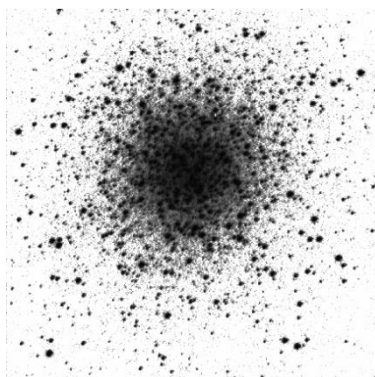


**Figura 6:** Detalles del baffle.  
*Derecha: prueba del baffle en cartón. Izquierda: baffle en bronce con pintura negro mate.*

## **6. RESULTADOS**

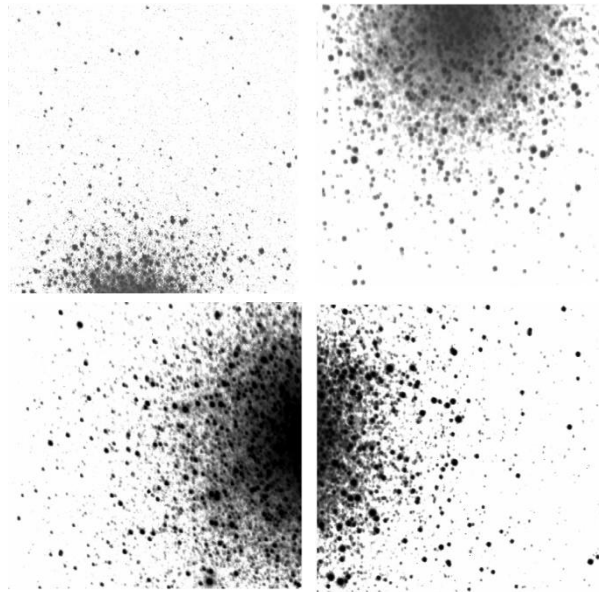
El experimento y las correcciones realizadas en estas dos temporadas han sido satisfactorios.

Posteriormente a la instalación del baffle, se tomaron imágenes de los objetos M13 (Ver *Figura 7*) y M17 (*Figura 9*), realizando el guiado con estrellas de la parte sur. Como resultado se observó una desaparición clara de los reflejos del tipo mostrado en la *Figura 1*.



**Figura 7:** Cúmulo globular M13 guiado con estrella al sur.

Se realizó un recorrido con el objeto por todo el contorno del baffle, obteniendo también imágenes limpias de reflejos (Ver Figura 8).



**Figura 8:** Cúmulo globular M13 en los 4 puntos cardinales intentando obtener reflejos en los bordes del guiador.

La Figura 9 nos muestra un RGB obtenido con la rueda de filtros y guiado con estrellas al sur, donde tampoco se encontraron dichos reflejos.



**Figura 9:** Nebulosa M17 en RGB.



## **7. CONCLUSIONES**

El guiado en el telescopio SPM84 estaba limitado a estrellas al norte de su campo. Los astrónomos que ignoraran o pasaran por alto esta condición podían terminar con reflejos en sus imágenes que, además, cambiaban con ligeras inclinaciones del espejo del guiador por lo que la limpieza de las imágenes de manera digital tenía entonces que ser realizada de manera individual.

Se espera haber terminado con este problema y se esperan las impresiones de los astrónomos que pudiesen detectar algún otro reflejo o problema del cual no nos hayamos percatado.

Las correcciones realizadas se aplicarán de manera definitiva durante una temporada de aluminizado durante el próximo año 2012, donde se modificará el guiador para incluir de mejor manera al baffle.

Una base de datos sobre el diseño optomecánico siempre es de gran utilidad pues permite reproducir y verificar el origen de los problemas sin la necesidad de realizar operaciones que comprometan el equipo.

Existen irregularidades en las imágenes de campos planos con cúpula las cuales serán un punto de estudio para futuras temporadas de ingeniería.

## **8. REFERENCIAS**

1) Reflejos reportados en

[http://haro.astrossp.unam.mx/Instruments/guiador84\\_nuevo/donas/donas.htm](http://haro.astrossp.unam.mx/Instruments/guiador84_nuevo/donas/donas.htm)

2) Página reflejos:

[http://haro.astrossp.unam.mx/Instruments/guiador84\\_nuevo/donas/donas.htm](http://haro.astrossp.unam.mx/Instruments/guiador84_nuevo/donas/donas.htm)

3) Página guiador:

<http://haro.astrossp.unam.mx/Instruments/guiador84/usrguiad84.html>

4) Trazo de rayos no secuencial en ZEMAX:

<http://www.zemax.com/kb/categories/Non-Sequential-Ray-Tracing/>