

## Sistema de acoplamiento Telescopio a Fibras

El uso de fibras ópticas en la Astronomía permite aislar mecánicamente a los instrumentos del telescopio, de esta forma el instrumento puede permanecer aislado de vibraciones mecánicas, flexiones del telescopio e incluso perturbaciones atmosféricas.

Para acoplar una fibra óptica a un telescopio, es necesario que la imagen de una estrella conserve un diámetro menor al del núcleo de la fibra, además las fibras ópticas poseen una apertura numérica la cual también define el ángulo de aceptación, es decir, la apertura del cono de luz que puede la fibra óptica transmitir sin que ésta supere el ángulo necesario para la reflexión total interna. La apertura numérica está definida por la ecuación 1, donde  $n_n$  corresponde al índice de refracción del núcleo y  $n_c$  corresponde al índice de refracción de la cubierta envolvente. De los materiales mas utilizados en la fabricación de fibras ópticas para astronomía se encuentra el sílice con recubrimientos de sílice dopados. Ref 1.

$$AN = \sqrt{n_n^2 - n_c^2} \quad (1)$$

Unos de los problemas mas conocidos de la utilización de las fibras ópticas es la degradación de la razón focal del telescopio, en la literatura se ha encontrado que relaciones focales menores a 8 tienen degradaciones mucho menores, es decir, son transmitidas con perdidas menores, ver Figura 1.

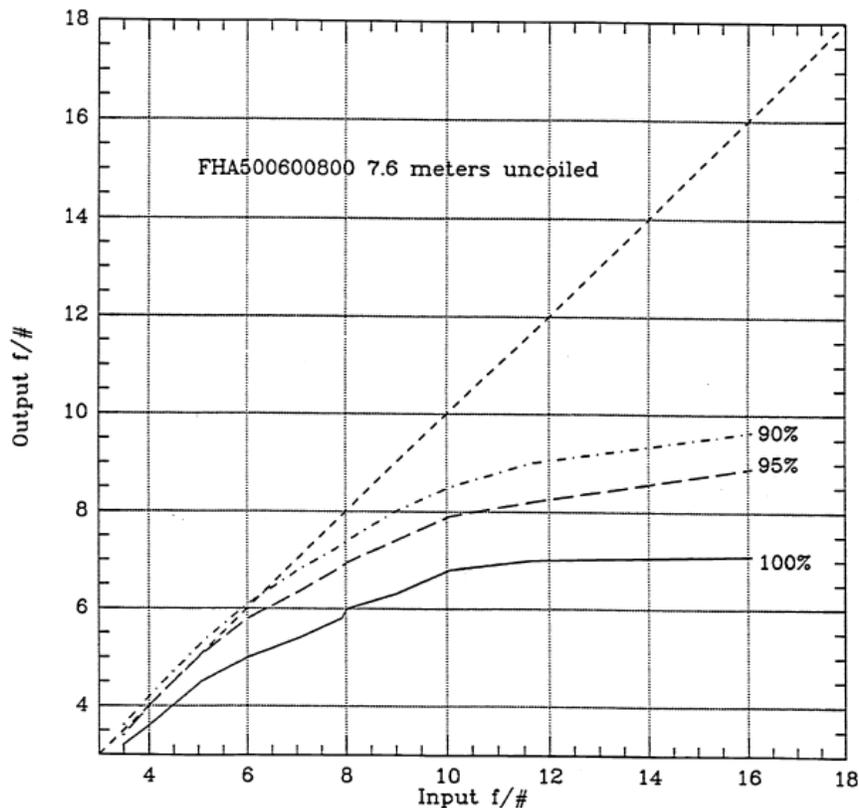


Figura 1) Obtenida de la Ref 1. Degradación de la razón focal en fibras de sílice.

El telescopio 2.1m del OAN cuenta con un tres combinaciones de espejos secundarios, una de ellas con una relación focal F/7.5

Se realizó una comparación entre lentes de dos marcas diferentes, una de Edmund Optics y otra de Thorlabs, se consideraron dobles acromáticos con una distancia focal de 15cm y se encontró que el desempeño es muy similar entre ambos lentes en cuanto a aberraciones ópticas o calidad de imagen, sin embargo Edmund optics posee una línea con película antireflejante de MgF2 que permite una menor perdida de luz en un rango de 400 - 700nm. Por la razón anterior se optó por la lente del catálogo “Achromatic Doublet Lens 25mm Dia. X150 FL, MgF2 Coating, (32-494)”.

La razón focal de esta lente es F/6 con un diámetro de 2.5cm y está compuesto por dos elementos en los vidrios ópticos N-BK7 y N-SF5, Fig 2.

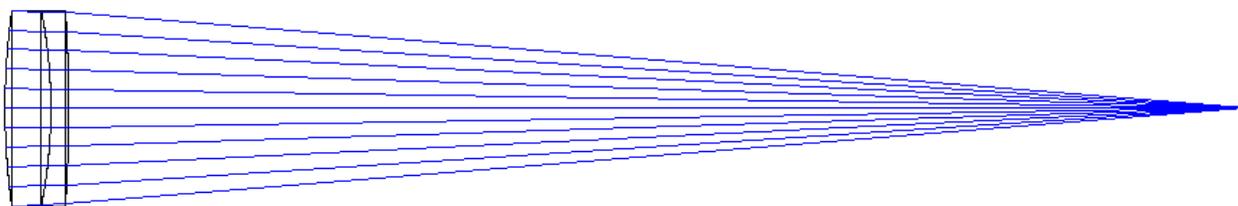


Figura 2. Doblete acromático 400 – 700nm.

A continuación se muestra el diagrama de manchas producido en el plano imagen utilizando una fuente puntual en el infinito. Se puede ver que el patrón producido se encuentra principalmente dentro del disco de Airy

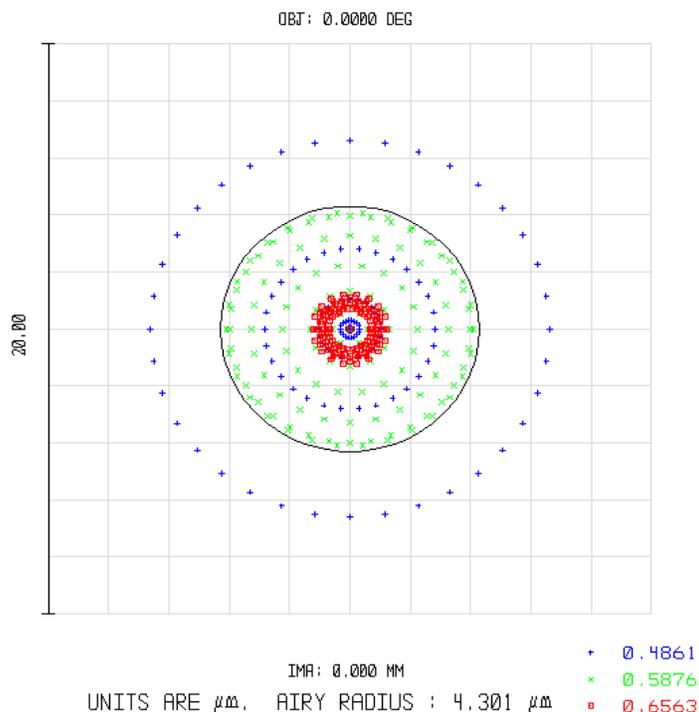


Figura 3. Diagrama de manchas, doblete acromático.

El sistema de acoplamiento de la fibra al telescopio se realizará con un relevador óptico 1 a 1, con la intención de conservar la razón focal del telescopio y garantizar el espacio suficiente para una placa de Savart, así como los mecanismos de alineación. Este relevador está compuesto por dos dobletes acromáticos separados una distancia de 10 cm y que forman un haz colimado entre ellos, Figura 4.

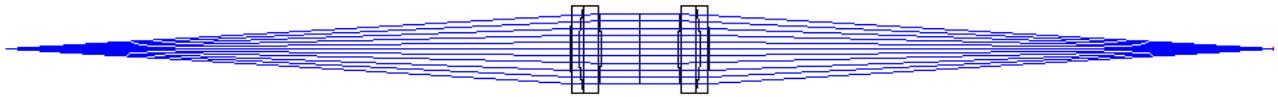


Figura 4. Relevador 1 a 1 con dobletes acromáticos.

La Figura 5 muestra el diagrama de manchas producido por una fuente puntual en un extremo del relevador. El diagrama de manchas muestra que la distribución de la luz no es mucho mayor que el disco de Airy. Lo anterior no es algo preocupante pues de todas formas el tamaño final de una estrella es mucho mayor que esto como se muestra en la Figura 6.

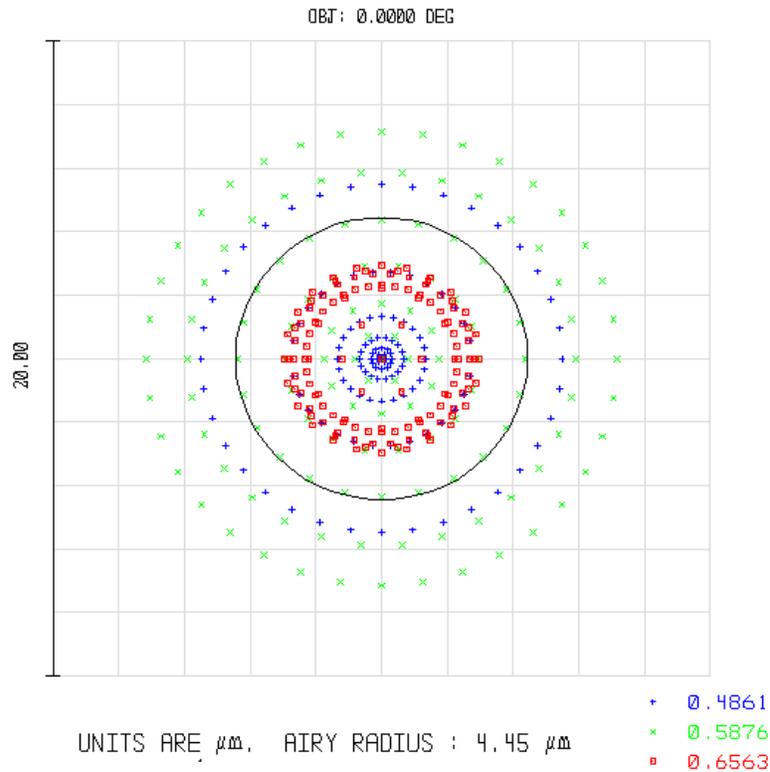


Figura 5. Diagrama de manchas del sistema de relevación.

La figura 6 nos muestra una comparación del diagrama de manchas provocado por una estrella cuando pasa por el relevador y la placa de Savart. Además, se muestra el tamaño que tendría esta estrella una vez que es afectada por el *seeing*, ambos en relación con el diámetro de la fibra óptica.

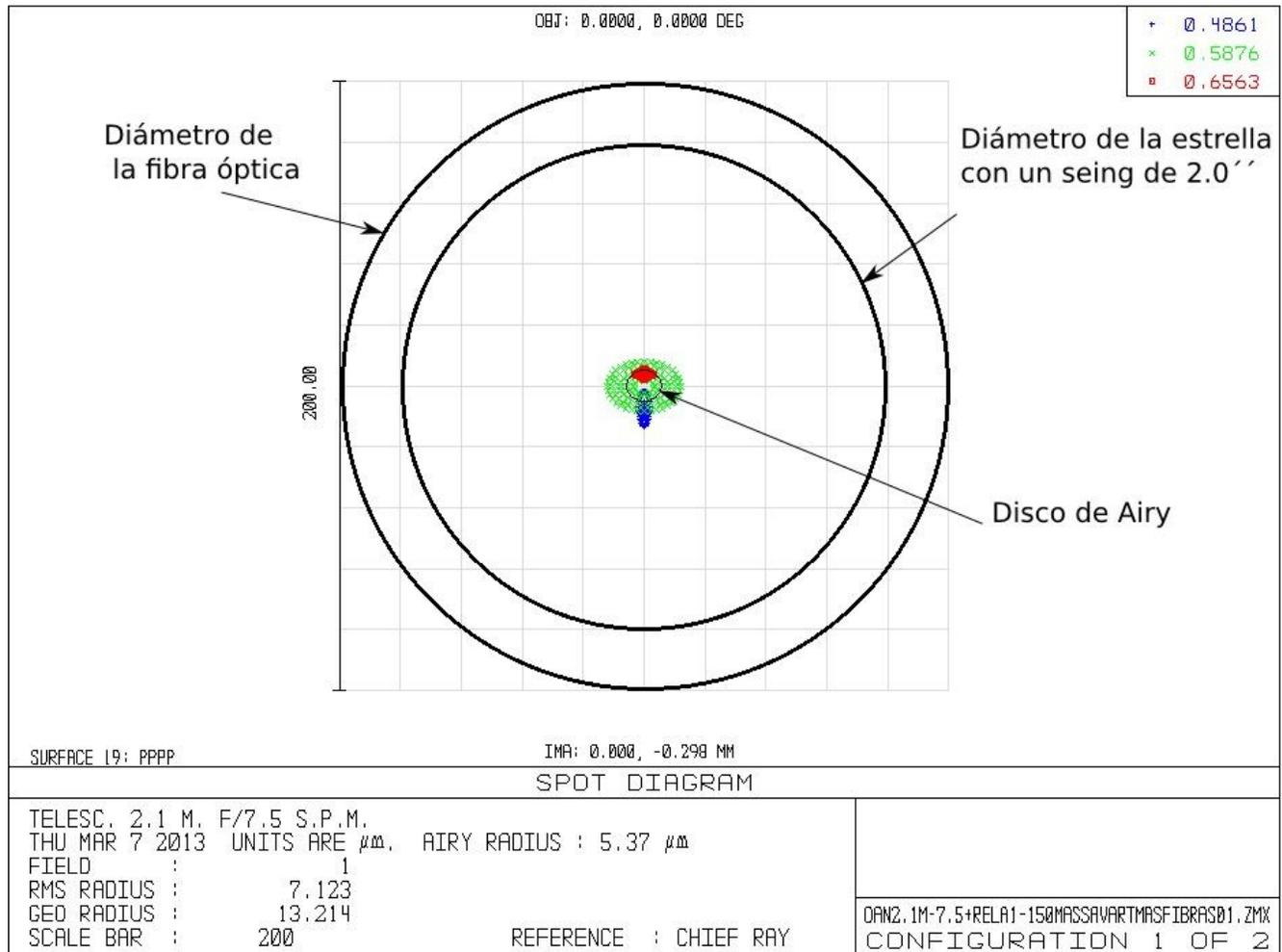


Figura 6. Diagrama de manchas de una fuente puntual comparado con diámetro de una estrella con seeing y el diámetro de la fibra óptica.

La placa de Sabart tiene la propiedad de separar la luz en sus dos componentes ortogonales de polarización, es decir, el sistema óptico con la placa de Savart generará dos imágenes para una sola estrella como se muestra en la Figura 7. La separación entre los haces ordinarios y los extraordinarios es de  $600 \mu\text{m}$  y ésta se debe a la geometría de la placa y el ángulo de corte en la calcita. La Figura 7, también muestra tanto el ángulo de aceptación de la fibra óptica, así como el ángulo de el cono de luz que corresponde al telescopio 2.1m en la configuración del secundario F/7.5.

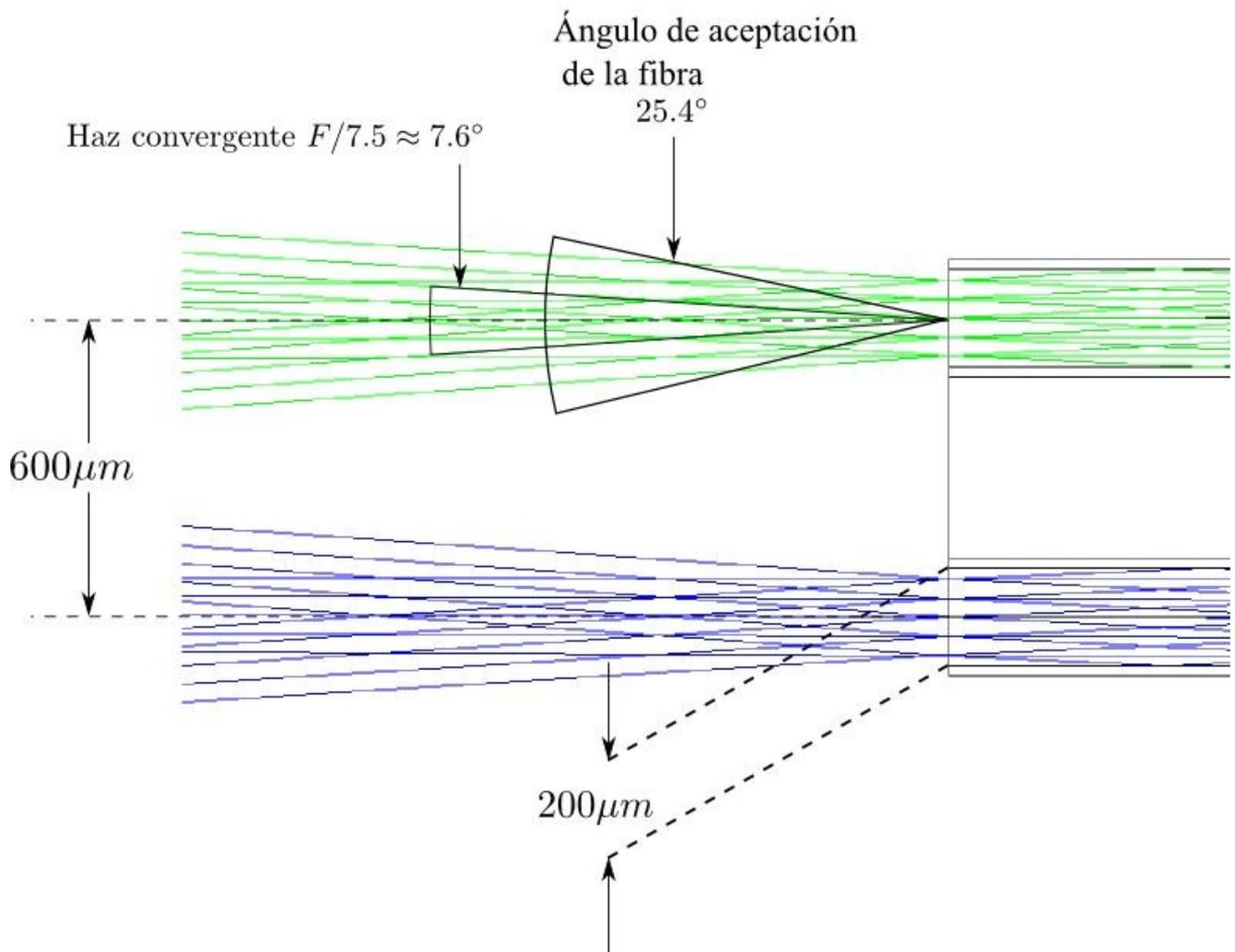


Figura 7. Separación de los haces ordinario y extraordinario.