



Progreso en la puesta en marcha del Espectrógrafo BHROS

R. Díaz¹, H. Levato¹, A. Casagrande², D. Piroddi¹, G. Yornet¹, S. Eikenberry³, F. González¹, A. Townsend³, J. Godoy¹, A. Marín¹, F. Gunella¹, A. D'Ambra², C. Warner³, G. Bosch⁵, V. Donoso³, M. Grosso¹ & E. Seifer²

¹ Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio, CONICET, Argentina

² Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC, Argentina

³ Departamento de Astronomía, Universidad de Florida, EE.UU.

⁴ Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina

Contacto / rdiaz@icate-conicet.gob.ar

Resumen / Reportamos avances de la puesta en marcha del espectrógrafo de alta resolución BHROS, el laboratorio asociado al mismo y su conjunto de telescopios. A la fecha en el laboratorio se ha ensamblado, puesto en marcha y calibrado el espectrógrafo astronómico de mayor envergadura con que cuenta nuestro país, y el mismo también se está utilizando para otras necesidades de instrumentación del ICATE. Para la puesta en marcha y comisionado científico del instrumento, este fue dotado de un telescopio automatizado de medio metro de diámetro, y será dotado de una red suplementaria de telescopios menores en un novedoso sistema. El sistema podrá ser controlado a distancia para que los telescopios puedan calar, seguir, y guiar objetos celestes con la precisión necesaria para hacer espectroscopía de alta resolución. A la fecha se obtuvieron con BHROS espectros solares con resolución $\sim 100\,000$, y espectros de la atmósfera de Júpiter y de Achernar con resolución $\sim 40\,000$. Planeamos en 2017–2018 instalar una red primaria de 5 telescopios (3 ya están adquiridos), con el equivalente en área colectora a la de un telescopio de ~ 1 metro de diámetro, y las ventajas de un costo 10–25 veces menor en adquisición, transporte, instalación y operación respecto a un telescopio convencional monolítico.

Abstract / We report the advance on the re-assembly and commissioning of the BHROS spectrograph, its associated instrument laboratory and the planned system of telescopes. This is the largest astronomical spectrograph ever assembled in Argentina and the laboratory is also being used for other instrumentation needs of ICATE. We have installed a half meter telescope in order to test the spectrograph with on-sky sources, and we plan to install a network of telescopes feeding it via a multiple optical fiber system. In these first tests we have obtained spectra of the Sun ($R\sim 100\,000$) and Jupiter and Achernar ($R\sim 40\,000$). In 2017–2018 we plan to install and test a network of five small telescopes feeding the spectrograph with the collecting area equivalent to that of a one meter telescope, with a cost 10–25 times less in acquisition, transport, installation and operation respect to a conventional monolithic telescope.

Keywords / instrumentation: spectrographs — telescopes

1. Estado del proyecto

El espectrógrafo de alta resolución BHROS (*Benchmarked high Resolution Optical Spectrograph*), decomisionado en Gemini Sur en 2009, fue ingresado al país en 2014 a través de un convenio entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina (MinCyT) y el Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio (ICATE, CONICET). Luego de ser completamente desensamblado y embalado, fue exitosamente transportado en un camión semiremolque a través del paso Chile–Argentina Los Libertadores. A la fecha, el instrumento de varias toneladas de peso y varios módulos optomecánicos de gran envergadura, fue completamente ensamblado, puesto en marcha y calibrado, para convertirse en el espectrógrafo astronómico de mayor resolución con que cuenta nuestro país. Asociado al proyecto de puesta en marcha del instrumento, se está dotando al ICATE de un laboratorio de instrumentación asociado al mismo, y se está instalando un conjunto de telescopios a fin de comisionar el espectrógrafo.

El laboratorio de instrumentación ya se está utilizando para otras necesidades de instrumentación del ICATE. El tren óptico interno del BHROS, con un volumen interno de cinco metros cúbicos, fue exitosamente reensamblado y alineado en el banco óptico de alta precisión. Usando un detector CCD de ingeniería se pueden observar sistemáticamente objetos celestes y sus calibraciones. Se realizó la instalación optomecánica de la fibra de BHROS en el telescopio y el sistema de guiado con el fin de permitir la adquisición de objetos celestes en la fibra. La fibra óptica de 35 m de largo parte desde el plano focal del telescopio, el cual está ubicado en su casilla de observación en la terraza del laboratorio. Como parte del mismo proyecto se ha puesto en marcha el primer telescopio Meade de medio metro de diámetro más un espectrógrafo portátil LHIRES y cámara, habiéndose obtenido imágenes astronómicas y espectros de resolución $\sim 15\,000$ de estrellas brillantes. El conjunto del telescopio de 0.5 m más computadora de control actualmente se ubica en una casilla de observación construida a tal fin en el techo del laboratorio, que sirve de

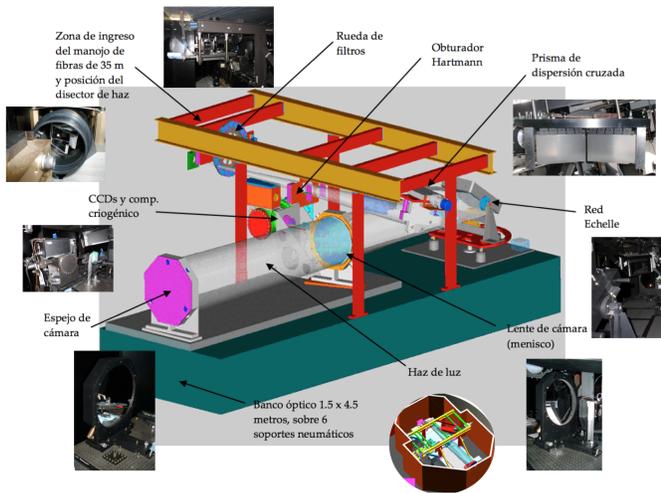


Figura 1: Esquema de la configuración de BHROS, y fotografías de las partes relevantes. El manido de fibras ópticas que viene del telescopio instalado en el techo del laboratorio, ingresa por la parte superior derecha del banco óptico en la perspectiva del dibujo. El banco óptico esta aislado por soporte neumáticos que amortiguan las vibraciones en el piso. El instrumento está rodeado por un compartimiento con dos puertas de ingreso, que permite mantener el volumen interno del instrumento a una temperatura mas estable y evita el ingreso de polvo.

prototipo para las futuras instalaciones en la montaña. El sistema puede ser controlado a distancia para calar, seguir y guiar objetos celestes con la precisión necesaria para hacer espectroscopía de alta resolución.

Se obtuvieron espectros solares con resolución $\sim 100\,000$, y espectros de la atmósfera de Júpiter y de Achernar con resolución $\sim 40\,000$. Dos nuevos telescopios Meade ya han sido adquiridos y probados en la UF, y la adquisición del cuarto del conjunto está en proceso. Planeamos en 2017 instalar una red primaria de cinco telescopios (tres ya están adquiridos), con el equivalente en área colectora a la de un telescopio de ~ 1 m de diámetro, y las ventajas de un costo diez veces menor en adquisición, transporte, instalación y operación de un telescopio convencional monolítico con la misma capacidad colectora. Planeamos continuar los trabajos para la puesta en operación del equipo criogénico basado en un circuito cerrado de helio, cuyo fin primario es enfriar los detectores de BHROS pero que también proveería a ICATE de la capacidad criogénica necesaria para comisionar detectores infrarrojos para uso astronómico.

La Universidad de Florida, a través de un subsidio de la *National Science Foundation* y apoyo de una fundación privada, está realizando el desarrollo de los acoples optomecánicos con guiado automático, y el laboratorio para desarrollar la fusión de fibras para coleccionar la luz de hasta siete telescopios por módulo óptico. Véase el trabajo “Balde de Fotones para Espectrógrafos Ópticos” (Townsend et al., 2017) en este mismo Congreso. También planeamos la puesta en marcha del conjunto criogénico y de control de los 2 CCDs EEV de 2048×4096 píxeles cada uno.

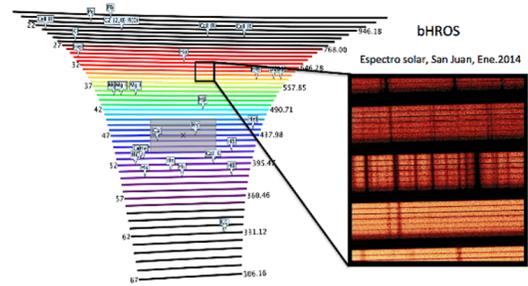


Figura 2: Espectro del Sol tomado con las fibras directamente apuntando a la luz solar que permiten apreciar el correcto funcionamiento del montaje óptico y como funciona correctamente el divisor de imágenes que divide la imagen de la fibra en seis tajadas. Se ha utilizado un CCD mucho más pequeño (de una cámara QSI) que el CCD original del BHROS, y se indica en el espectro *echelle* de la izquierda el pequeño sector cubierto alrededor de 6300 \AA .

2. Perspectivas futuras

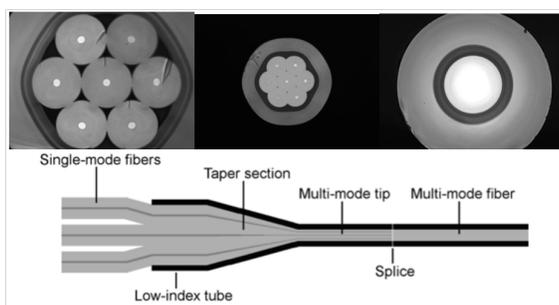
Nuestro principal objetivo para el primer semestre de 2017 es mejorar el guiado de objetos sobre el corazón de la fibra óptica para aumentar la eficiencia. Estamos diseñando un nuevo sistema de guiado para el telescopio Max20, hemos adquirido el telescopio auxiliar y los accesorios, y estamos presupuestando la cámara. También en el mismo periodo planeamos continuar la construcción de los pilares y protección contra los elementos de los próximos cuatro telescopios (dos están en construcción). Dos telescopios ya fueron comprados y enviados a la Universidad de Florida, y la compra de dos más se encuentra en proceso. En cuanto al desempeño óptico, es necesario reemplazar las fibras ópticas por unas más actuales y de mayor transmisión, esto será realizado por la Universidad de Florida junto con las unidades de adquisición y autoguiado para los telescopios.

En cuanto al registro de los espectros, debemos mejorar la alineación del detector de prueba para alcanzar R 150 000: hemos obtenido espectros de estrellas brillantes con $R \sim 40\,000$, comparaciones con $R \sim 70\,000$, y espectros del Sol con $R \sim 100\,000$, pero el factor limitante es el sistema mecánico de alineación, el cual es provisorio hasta tener operando los detectores definitivos.

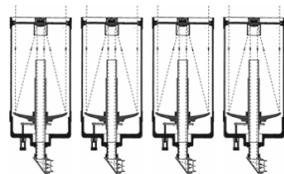
Para la segunda parte de 2017 planeamos la puesta en marcha del sistema criogénico para los detectores: hemos enviado a Estados Unidos las líneas criogénicas de helio para su limpieza y relleno, y luego ser probadas con el compresor que proveerá la Universidad de Florida. Una vez que el sistema de enfriamiento esté disponible será necesario poner en marcha del sistema de control electrónico del detector.

Como plan de reserva en caso que se prolongue en el tiempo la puesta en marcha de los grandes detectores, planeamos contar con un detector de tamaño intermedio enfriado electrónicamente, que serviría para el comisionado científico del instrumento con objetos brillantes.

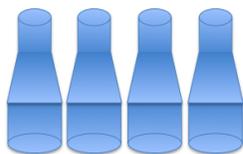
Finalmente, el primer proyecto científico a ejecutar desde el laboratorio mismo y a muy bajo costo opera-



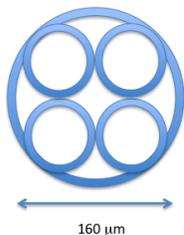
Prototipo inicial de apertura múltiple para BHROS



35 μm 35 μm



70 μm 70 μm



160 μm

4 Telescopios Meade 20' f/8 (1" ~ 19 μm)

Precisión autoguiado ± 0.2", Con seeing < 1.2", 97% del flujo dentro de 1.8".

Unidad de plano focal Fibra de apert. 35 μm ~ 1.8"

f/8 fibra 35 μm

Fiber tapers

f/16 fibra 70 μm

$$(f \#_{out}) = \frac{\Phi_{in}}{\Phi_{out}} \cdot (f \#_{in})$$

Acople de cuatro fibras de 70 μm a la fibra de 160 μm de BHROS (f/16).

Perdida del taper ~5%.
Perdida del acople ~3%.

Area colectora equivalente a la de un telescopio de 1m de diámetro, a un costo 25 veces menor en hardware, instalación y mantenimiento.

Figura 3: El panel superior muestra un ejemplo de fusión de siete fibras ópticas en una sola, usando el sistema de *fiber taper*. Panel inferior: prototipo del sistema de cuatro telescopios con el que a la vez se produce un aumento de la razón focal desde f/8 en los telescopios Meade a f/16 en la entrada del BHROS. El diseño preliminar incluye una configuración de cuatro telescopios de 0.35 m sumados al de 0.5 m.

tivo se basa en la observación sistemática de espectros estelares a resolución 70 000 o mayor, en un programa de estudio de estrellas Be peculiares del hemisferio sur.

Agradecimientos: Agradecemos el apoyo brindado por MINCyT y Gemini para introducción al país del BHROS. Se puede encontrar más información acerca del instrumento en la página de Gemini: <http://www.gemini.edu/sciops/instruments/hros/hrosIndex.html>.

Referencias

Townsend A., et al., 2017, BAAA, 59, 1



Figura 4: Telescopio Meade de 0.5 m y casilla de protección instalada en el techo del laboratorio. Este es un prototipo de las casillas que se emplearán en la montaña.

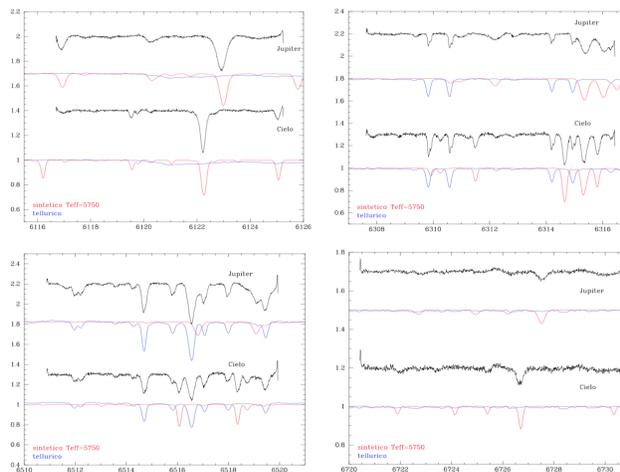


Figura 5: Espectros de la atmósfera de Júpiter con $R \sim 40\,000$, obtenidos en 2015, comparados con el espectro del cielo. En azul se muestra el espectro de absorción telúrica, las diferencias se deben a la amplitud de cada continuo que es absorbido. En rojo se ve el espectro sintético del Sol que mejor ajusta al espectro de cielo y al espectro del Júpiter, respectivamente. Las diferencias entre ambos espectros se deben a la rotación del planeta (ensanchamiento de la línea) y la diferencia de velocidad radial entre Júpiter y el observador ($\sim 27 \text{ km s}^{-1}$ en el momento de la observación).