

## PRESENTACIÓN MURAL

### **Estimación de la magnitud límite alcanzada con el telescopio ASH (Astrograph for the Southern Hemisphere)**

L. A. Mammana<sup>1</sup>, R. Gil-Hutton<sup>2,3</sup>

*(1) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAGLP) - UNLP*

*(2) Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO)*

*(3) Universidad Nacional de San Juan*

**Abstract.** The telescope ASH (Astrograph for the Southern Hemisphere) is a 0.45 m. reflector installed at Cerro Burek (CASLEO) and equipped with a CCD STL-11000M of 4008 x 2745 px, which covers an area of 97.8' x 65.2' (1.77 square degrees) in the sky. The aim of this work is to find the limit magnitude achievable with this instrument, which was defined by a signal to noise ratio equal to 5. We analyzed photometrically 14 images with exposure times between 180 sec. and 480 sec. and found the instrument reaches magnitudes of  $V = 20.2, 20.51, 20.94$  and  $21.22$  for 180 sec., 240 sec., 360 sec. and 480 sec., respectively. With better seeing conditions (seeing  $3''$ ) these values would be increased by 0.27 mag.

**Resumen.** El telescopio ASH (Astrograph for the Southern Hemisphere) es un reflector de 0.45 m de diámetro instalado en el Cerro Burek (CASLEO), equipado con un CCD STL-11000M de 4008 x 2745 px, que cubre un área en el cielo de 97.8'x 65.2'(1.77 grados cuadrados). El objetivo del trabajo consiste en hallar la magnitud límite alcanzable con este instrumento, la cual se definió fijando como límite de detección una relación señal/ruido igual a 5. Se analizaron fotométricamente 14 imágenes con tiempos de exposición entre 180 seg. y 480 seg. y se encontró que el instrumento alcanza magnitudes de  $V=20.2, 20.51, 20.94$  y  $21.22$  para 180 seg., 240 seg., 360 seg. y 480 seg., respectivamente. Con mejores condiciones de seeing en el cerro (seeing  $3''$ ) estos valores se incrementarían en 0,27 mag.

## 1. Introducción

El objetivo del trabajo consiste en hallar la magnitud límite alcanzable con el telescopio ASH en diferentes condiciones de observación, como así también en la adquisición, reducción, análisis y calibración de las observaciones que se realizaron. El trabajo programado se realizó entre los días 12 y 25 de Febrero de 2008 trabajando desde las instalaciones del Complejo Astronómico El Leoncito en el Departamento Calingasta (Beca Fundación FUPACA). Las condiciones climáticas durante este período no fueron las ideales pero de todos modos se pudieron adquirir suficientes imágenes para cumplir con los objetivos fijados.

CHIP	Kodak Enhanced KAI-11000M
PIXEL ARRAY	4008X2745 (36X24.7 mm)
AREA	97.8'X65.2'(1.77 deg <sup>2</sup> )
INSTRUMENT SCALE	1.47 /px
PIXEL SIZE	9 microns
FULL WELL CAPACITY	50000 e <sup>-</sup>
DARK CURRENT	1.5 e/pixel/sec a 0 <sup>0</sup>
EXPOSURE	0.01 to 3600 sec
A/D CONVERTER	16 bits
GAIN	0.8 e/ADU
READ NOISE	11 e <sup>-</sup>
FULL FRAME DOWNLOAD	26 sec

Tabla 1. Características del CCD Sbig 11000M

El telescopio ASH es un reflector instalado en el Cerro Burek (CASLEO) (S 31° 47.241', WO 69° 18.386', 2591 m de altura, datos obtenidos mediante GPS Garmin nüvi 360 que posee un error de  $\pm 5$  m) operado mediante una cooperación entre CASLEO y el Instituto de Astrofísica de Andalucía, España. El instrumento cuenta con un espejo principal de 0.45 m con una relación focal f/2.8 y equipado con un CCD Sbig 11000M en foco primario. Para aplanar el campo de 1.77 grados cuadrados se cuenta con una lente correctora delante del detector y al momento sólo se dispone de un filtro de banda muy ancha (300 nm) centrado en 500 nm, denominado filtro de Luminancia. En la Tabla 1 se dan las especificaciones técnicas del CCD. El telescopio está lo suficientemente automatizado para permitir que su modo de operación usual sea en forma remota tanto desde España como desde la ciudad de San Juan. Sólo se pueden barrer campos entre +2.5 hs. y -2.5 hs. del meridiano local y declinaciones entre -60 grados y el ecuador celeste.

## 2. Las observaciones

Se eligieron para trabajar dos campos con estrellas standards, las áreas Standard SA101 y SA104/SA104E de Landolt (1992), y se tomaron las imágenes con dos tiempos de exposición diferentes. Se observó bajo malas condiciones de seeing, el cual rondó valores cercanos a los 6", pero debido al sub-muestreo que produce el instrumento las imágenes fueron utilizables. Luego se procedió a realizar varias combinaciones y finalmente se obtuvieron en total 14 imágenes (con tiempos de exposición de 180 seg., 240 seg., 360 seg. y 480 seg.) que fueron las utilizadas en el análisis fotométrico para encontrar la magnitud límite del telescopio. La reducción y procesamiento de las imágenes fue realizado con el paquete IRAF v2.12.2 siguiendo los procedimientos descritos por Massey (1992) y Baume (1994).

## 3. Magnitud límite teórica

Se definió a la magnitud límite alcanzable con el ASH fijando como límite de detección las magnitudes de aquellos objetos que presentaban una relación señal/ruido  $S/\Delta S = 5$ . Ello implica un error fotométrico teórico de 0,22 mag. En

efecto

$$v = k - 2,5 \log(S) \Rightarrow |\Delta v| = \frac{2,5}{\ln 10} \frac{\Delta S}{S} \Rightarrow |\Delta v| \approx 0,22$$

Por lo tanto, las estrellas que están en el límite de detección son aquellas para las cuales el error fotométrico de su magnitud instrumental  $v$  es del orden de 0,2 mag. Es en estas estrellas en las que nos concentramos. Éste es sólo un valor teórico de referencia ya que en realidad habría que considerar también los errores introducidos por el ruido poissoniano ( $S^{1/2}$ ) y los que resultan del procesamiento de las imágenes. En promedio, en las imágenes de 180 seg. de exposición, el número de estrellas identificadas como tales por la tarea de IRAF, daofind, es de unas 2500 para las imágenes del campo SA10 y 3600 para las imágenes del campo SA104/SA104E.

#### 4. Las ecuaciones de transformación:

Una vez que hemos medido todas las estrellas contenidas en nuestros campos pasamos a resolver las ecuaciones fotométricas para las estrellas de las áreas seleccionadas de Landolt que nos darán la transformación de magnitud instrumental a magnitudes Standard. A primer orden, las ecuaciones tienen la forma:

$$v = V + k_1 + k_2 X + k_3 IC$$

donde  $v$  es la magnitud instrumental,  $V$  es la magnitud standard,  $k_1$  es el coeficiente de punto cero,  $X$  es la masa de aire correspondiente a la observación,  $k_2$  es el coeficiente de extinción,  $IC$  es el índice de Color y  $k_3$  es el coeficiente de transformación. Los parámetros a determinar son  $k_1$ ,  $k_2$  y  $k_3$ .

Dada una imagen, para una selección de  $N$  estrellas standards de la misma podemos armar el siguiente sistema de ecuaciones

$$v_j = V_i + k_1 + k_2 X + k_3 IC$$

con  $j = 1, \dots, N$ . Como en nuestro caso sólo observamos en un solo filtro, no se obtuvo información de los índices de color. De esta forma, dado que la diferencia entre los índices de color entre dos standards cualesquiera es constante y que el término  $X.k_2$  es el mismo para ambas, podemos obtener una sencilla ecuación de transformación para obtener la magnitud verdadera en el sistema standard de una estrella cualquiera de la imagen:

$$\hat{k}_1 = v_* - V_*$$

donde  $\hat{k}_1$  es un nuevo punto cero que se obtendrá de promediar las diferencias de cada una de las  $N$  standards elegidas. Es importante mencionar que el valor de tendrá una dispersión afectada por la dispersión en los índices de color de las estrellas observadas multiplicado por el coeficiente de transformación  $k_3$ , pero dado que el valor de  $k_3$  para el ASH es del orden de -0.04 a -0.08 para  $V$  (Santos Sanz y Gil-Hutton, 2009) y que en general  $IC < 1$ , los efectos de esta dispersión son despreciables.

## 5. Resultados y Conclusiones

Dada la relación  $F/D=2.8$  del ASH, es de esperar que para exposiciones de algunos minutos la mayoría de las estrellas brillantes del campo observado aparezcan saturadas. Realizando un análisis imagen por imagen de las Standard conocidas, se encuentra que esta condición se alcanza para magnitudes  $V$  standard de 14.96 y 15.22 para 180 seg. y 240 seg. de exposición, respectivamente.

Estableciendo las Ecuaciones de Transformación entre la magnitud instrumental  $v$  y la magnitud standard  $V$  (utilizando las estrellas standards de campo y las características de cada imagen), se encontró así que el instrumento llega a magnitudes límites  $V=20.2, 20.51, 20.94$  y  $21.22$  para 180 seg., 240 seg., 360 seg. y 480 seg., respectivamente.

En las figuras 1 se muestra la evolución de la magnitud límite en el Sistema Standard de Johnson (filtro  $V$ ), según aumentan los tiempos de exposición, para  $S/\Delta S = 5$  y  $S/\Delta S = 3$  respectivamente. Las magnitudes límite obtenidas en

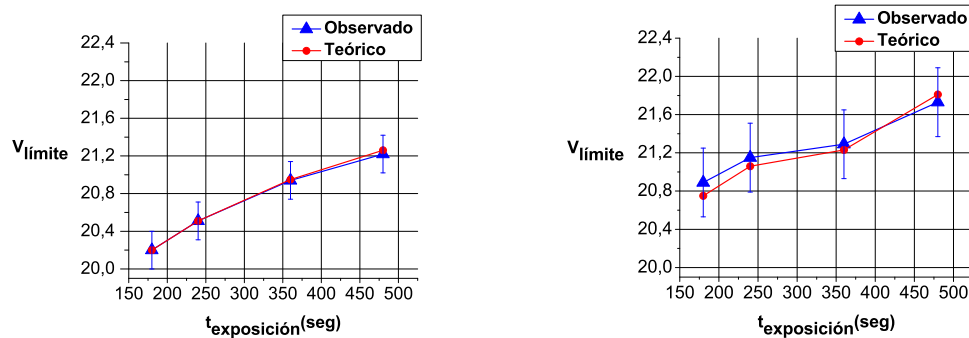


Figura 1. *Izquierda:* Magnitud límite en el Sistema Standard de Johnson ( $V$ ) vs.  $t$  exp. para  $S/\Delta S = 5$ , (seeing de  $6''$ ). *Derecha:* Idem para  $S/\Delta S = 3$ .

este trabajo se vieron afectadas por las malas condiciones de seeing imperantes durante las noches de observación (un seeing aproximado a los  $6''$ ). Si se hubiera trabajado con un seeing de  $3''$ , más frecuente para el lugar de observación, las magnitudes límites obtenidas para cada uno de los tiempos de exposición se incrementarían en un valor cercano a  $0,27$  mag. en cada caso. Ello se debe a que dado que el área se reduce en  $1/4$ , se tiene concentrada 4 veces más energía y por lo tanto:

$$m = k - 2,5 \cdot \log(E) \rightarrow \left| \frac{\Delta m}{\Delta E} \right| = \frac{2,5}{\ln 10} \frac{1}{E} \approx 0,27$$

## Referencias

- Baume, G. L. Aplicación y desarrollo de técnicas de procesamiento de imágenes a objetos galácticos: El cúmulo abierto Trumpler 14, 1994.
- Landolt, A. U., 1992, AJ, 104,340.
- Massey, P. A User's Guide to CCD Reductions with IRAF, IRAF documentation, 1992.
- Santos Sanz, P., Gil-Hutton, R. El sistema fotométrico del ASH. IAA, Granada, España, en prensa, 2009.