

el observador de estrellas dobles

n.º 3 · septiembre/diciembre 2009



DELTA CHAMAELEONIS — COPYRIGHT 2009 — SERGIO EGUIVAR — WWW.BASKIES.COM.AR

	Editorial	3
ACTUALIDAD	Noticias de actualidad del mundo de las estrellas dobles <i>por Francisco M. Rica</i>	4
OBSERVACIÓN	Misión Speckles Pic II. Noviembre de 2008. Interferometría de manchas sobre estrellas dobles. <i>por Martine Castets y Bernard Tregon</i>	7
	Nueva binaria de alto movimiento propio común en posición 01h22m50,29ss +00°42'43,4" <i>por Francisco M. Rica</i>	25
	Medidas de estrellas dobles con Atik 16HR <i>por Rafael Benavides Palencia</i>	32
	Dos nuevos pares con movimiento propio común en Auriga <i>por Rafael Caballero</i>	38
	Descubrimiento de una nueva binaria en la Corona Boreal <i>por Juan-Luis González Carballo</i>	41
	Medidas de estrellas dobles con una cámara Audine (2ª serie) <i>por Florent Losse</i>	45
	Medidas de estrellas del catálogo LDS <i>por Juan-Luis González Carballo</i>	53
	Medidas de estrellas dobles en la Corona Boreal <i>por Nacho Novalbos</i>	59
HISTORIAS	Un micrómetro de lámparas <i>por Edgar Rubén Masa Martín</i>	69
FUERA DE FOCO	La labor de los astrónomos aficionados <i>por Ángel R. López</i>	81

Cualquier trabajo **relacionado con la astronomía de las estrellas dobles** es bienvenido para ser publicado en **El Observador de Estrellas Dobles** (OED). Los interesados deben atenerse a las siguientes pautas:

- Se aceptará cualquier tipo de trabajo que tenga relación con las estrellas dobles, independientemente de la temática que aborde: historia de la astronomía, observación visual o fotográfica, estudios astrométricos o fotométricos, análisis y exposición de técnicas, descubrimientos, presentación de programas informáticos útiles a los doblistas, artículos de opinión, etc.
- Los trabajos deberán remitirse a cualquiera de los editores a través de los correos electrónicos que figuran en la parte inferior de la página siguiente.
- Se remitirán archivos de texto en formato Word o similar. Se agradece que vengán corregidos ortográfica y sintácticamente.
- Se deberán adjuntar las imágenes o dibujos que se desean publicar, preferentemente insertados en el texto.
- En la cabecera del artículo deberán figurar los siguientes datos: nombre y apellidos del autor, agrupación o asociación astronómica a la que pertenezca y dirección de correo electrónico.
- Los artículos deberán venir precedidos por un breve resumen del contenido del mismo (4 líneas) en inglés y en castellano.
- OED tendrá una periodicidad cuatrimestral. La fecha límite de recepción de trabajos para el próximo número será el 1 de diciembre de 2009.

editorial

DECÍA R. W. EMERSON que “el éxito consiste en obtener lo que se desea...”. Y viene bien esa afirmación para lo que, como presentación del nº 3 de El Observador de Estrellas Dobles, nos apetece comentar. Efectivamente, con este ejemplar que tienes entre las manos (o en la pantalla del ordenador) se cumple el deseo que nos planteábamos hace unos meses: conseguir una publicación en español que sirva para difundir observaciones y estudios relacionados con nuestra pasión: las estrellas dobles. Así que, siguiendo el axioma de Emerson, hemos tenido éxito. Con este nº 3 de la revista se cumple su primer año de vida y, según parece, con notable éxito: cada número ha supuesto un aumento de páginas y de colaboradores. No está mal. Por si fuera poco, la estrecha colaboración que parece haber germinado entre observadores de ambos lados de los Pirineos se consolida. En Francia se aprecia esta publicación y ha sido piropoada en varias ocasiones por eminentes observadores galos. No es de extrañar, pues, que sigan apareciendo artículos en este ejemplar de observadores franceses.

Es evidente que no podemos dormirnos en los laureales; también lo es el hecho de que, posiblemente, no se pueda mantener el ritmo actual. No obstante, parece que, poco a poco, la revista se va consolidando y, por el momento, no encontramos problemas para llenarla de contenido cada cuatrimestre.

Todo ello es gracias a unos colaboradores de lujo y a unos lectores fieles que hacen que todo esto parezca tener sentido. Gracias por estar al otro lado y por descargar la revista. Como suele decirse, de otra forma no tendría sentido.

El nº 3 aparece lleno de interesantes contenidos. De entre ellos, permitidnos que destaquemos tres: las primeras medidas obtenidas mediante técnicas Speckle en el observatorio de Pic du Midi por M. Castets y B. Tregon, un verdadero lujo para OED; en segundo lugar, una buena colección de artículos en los que se citan nuevos pares descubiertos por observadores españoles y, finalmente, un magistral artículo de la sección de “Historias”, en el que Edgar R. Masa nos describe de forma detallada la teoría y el funcionamiento del micrómetro de lámparas ideado por W. Herschel.

Esperamos que todo ello sea de vuestro agrado. La frase de Emerson con la que comenzábamos este editorial tiene una continuación: “...y la felicidad, en disfrutar de lo que se obtiene”. Disfrutemos, pues, de ella.

LOS EDITORES



FE DE ERRATAS

En el nº 2 de OED se citaba en el artículo de la sección “Historias” dedicado a R. Jonckheere a la *Asso. Jonckheere* como propietaria de las imágenes que acompañaban al texto; en realidad pertenecen a la colección particular de **Jean-Claude Thorel**. Pedimos disculpas por el error cometido.



director honorífico

editores

sitio web

colaboradores

Sr. D. José Luis Comellas García-Llera

Rafael Benavides Palencia
Juan-Luis González Carballo
Edgardo R. Masa Martín

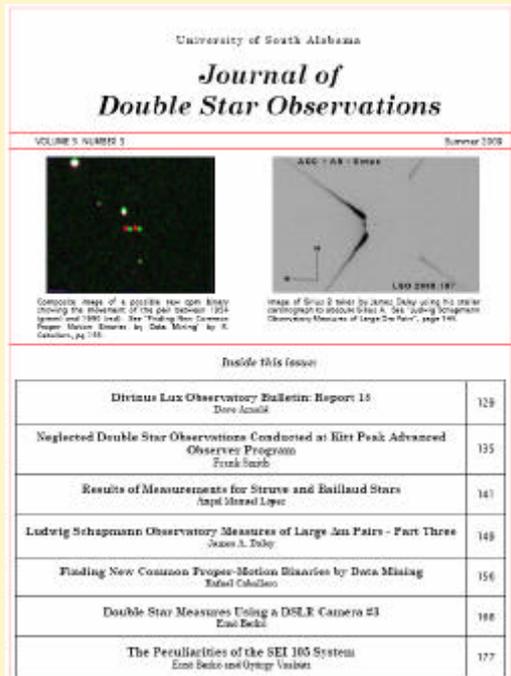
rafaelbenpal@gmail.com
carballo@eresmas.net
ermasa.dsa@gmail.com

www.elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com

Florent Losse (Francia), Rafael Caballero (España), Francisco Violat Bordonau (España), Juan Jordano (España), Francisco M. Rica (España), Carlos A. Krawczenko (Argentina), Martine Castets (Francia), Bernard Tregon (Francia), Ángel M. López Borrega (España), Jesús R. Sánchez (España), Paco Bellido (España), Ignacio Novalbos (España), Ángel R. López (España-Australia), Ángel Otero

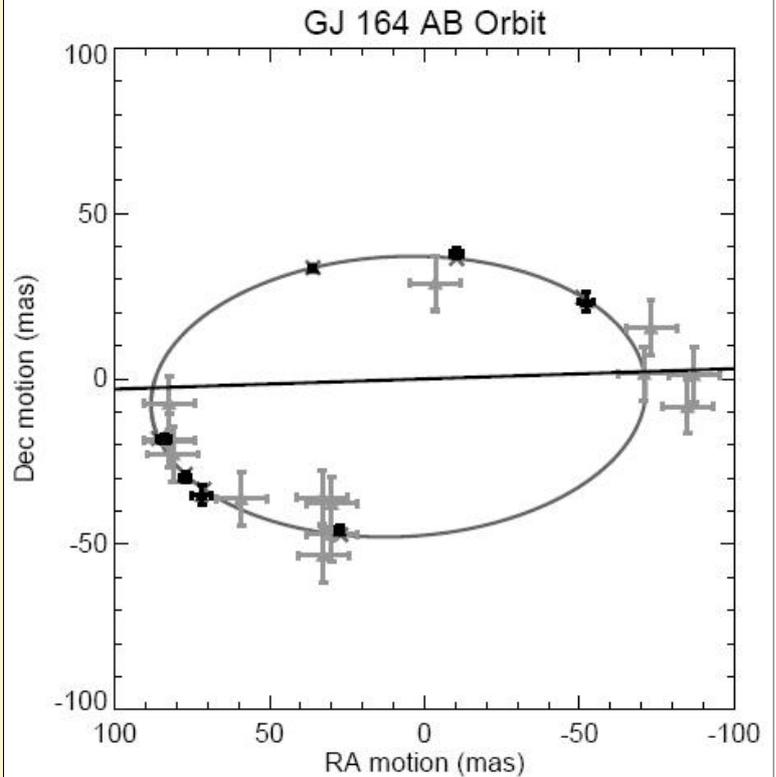
NUEVO NÚMERO DE LA REVISTA JDSO

El número de verano del 2009 de la revista **Journal of Double Star Observations (JDSO)** publica, entre otros, dos artículos de dos amateurs españoles, Rafael Caballero y Ángel Manuel López. Mientras Caballero nos informa de 110 binarias descubiertas (ver noticia de la página 6), Ángel Manuel López mide y analiza dobles de Struve y Baillaud. Es grato ver como la presencia hispana es cada vez más frecuente en esta revista especializada. Esta revista está disponible gratuitamente en la siguiente dirección de Internet: <http://www.jdso.org/>.



Nueva binaria orbital de baja masa GJ 164 AB

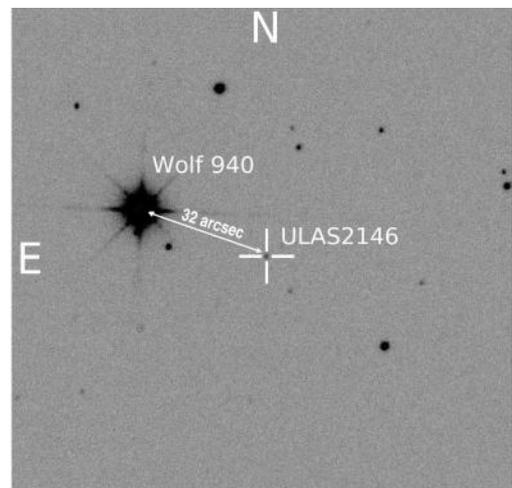
Un equipo de astro-físicos entre los que se encuentran varios norteamericanos y australianos y también una hispana (Bárbara Rojas-Ayala) han realizado 7 observaciones astrométricas de la binaria de muy baja masa GJ 164 AB por métodos interferométricos. Estas mediciones, al ser combinarlas con otras de la literatura astronómica permitieron calcular una nueva órbita y fijar la paralaje y la determinación de la masa de estas pequeñas estrellas de forma independiente a los modelos evolucionarios existentes. Estos astrofísicos calcularon una masa para la componente secundaria de $0,096 \pm 0,008 M_{\text{sol}}$. El estudio espectroscópico no parece encajar todas las piezas (colores, masas, etc.) y requieren que estas estrellas tengan una edad muy joven; pero esta edad temprana está en conflicto con la velocidad espacial de la binaria alrededor de la galaxia.



Descubrimiento de un sistema binario de baja masa

Un equipo internacional de astrofísicos entre los que se encuentran dos españoles (N. Huelamo - INTA-, David Barrado y Navascués - Universidad Autónoma de Madrid-) y un argentino (J. H. Calderón - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina), reportaron el descubrimiento de una enana de espectro T8,5 la cual es compañera de la enana M4 llamada **Wolf 940**. A una distancia de unos 12,5 pc, la separación angular de 32 segundos de arco corresponde con una separación proyectada de 400 Unidades Astronómicas (UA). Los astrofísicos calcularon una edad aproximada entre 3,5 y 6 Giga-años (1 Giga Año = 1.000 millones de años).

La binaria Wolf 940 compuesta por débiles estrellas M4+T8,5 descubierta recientemente por un equipo internacional de astrofísicos.



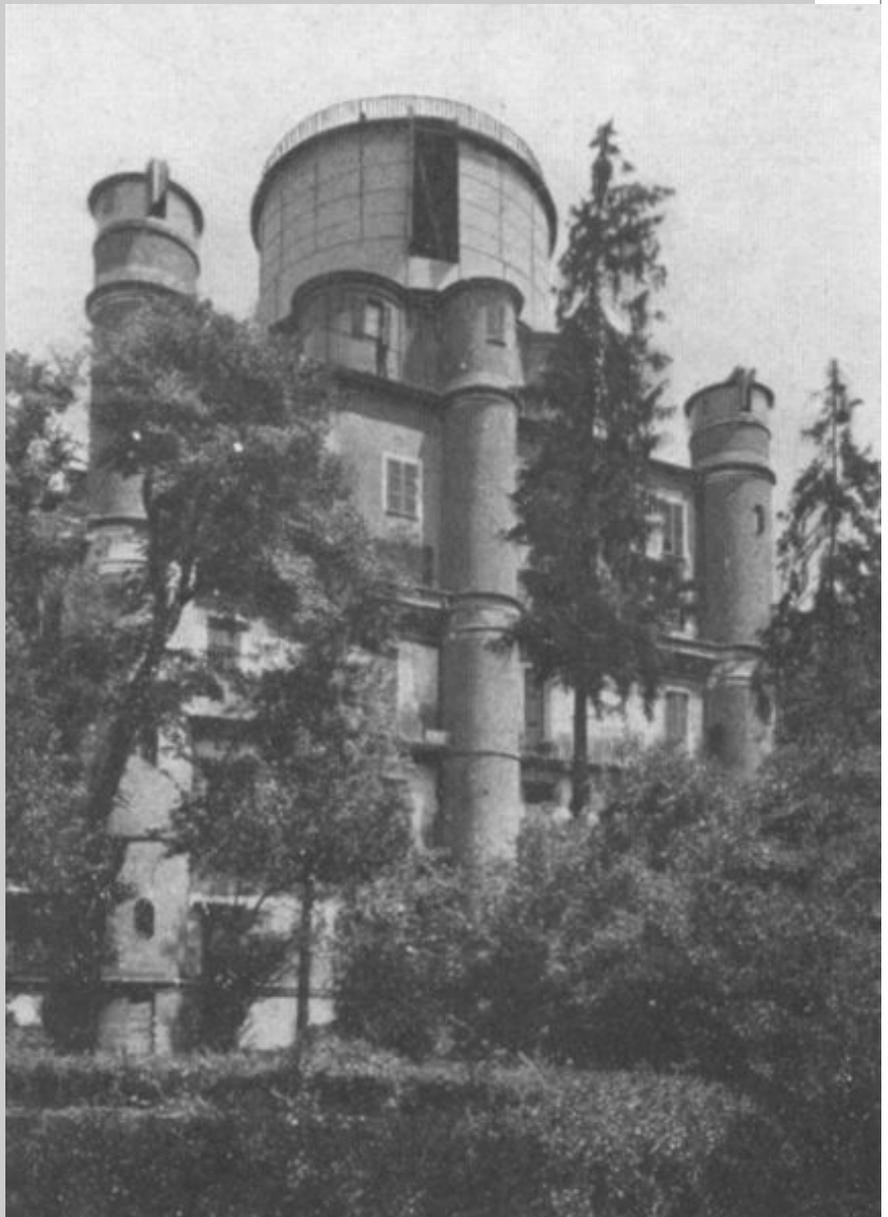
Observaciones speckle desde el Observatorio Astronómico de Brera (Italia)

Un equipo de astrofísicos europeos entre los que se encuentra el italiano M. Scardia y el británico R. W. Argyle (director de la sección de estrellas dobles de la Webb Society), presentaron mediciones astrométricas de binarias visuales durante el primer semestre del 2007. Para ello usaron la cámara de Interferometría Speckle Pupil (PISCO) sobre un telescopio Zeiss de 1,02 metros de diámetro situado en el observatorio de Brera en Merate (Italia). La muestra de binarias contiene dobles orbitales así como binarias cuyo movimiento orbital aún es incierto. Obtuvieron 226 nuevas mediciones de 214 objetos, con separaciones angulares entre 0,15 y 4,5 segundos de arco. La precisión media de las mediciones es de 0,013 segundos de arco. Los astrofísicos también presentaron nuevas órbitas para tres de las binarias.

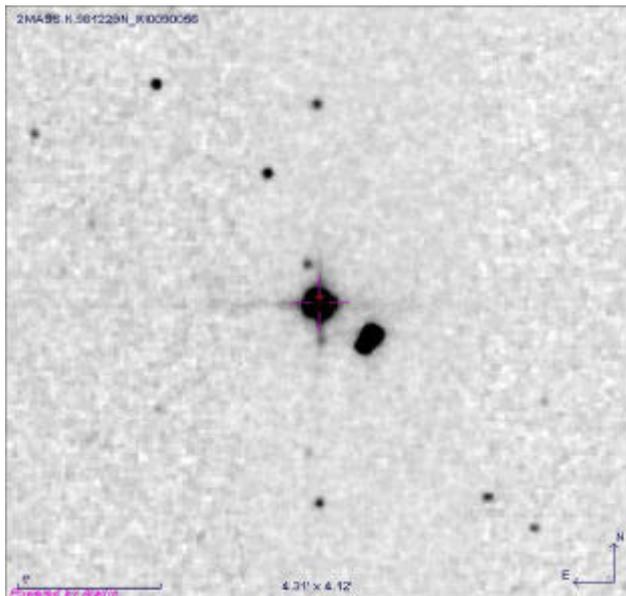
El Observatorio Astronómico de Brera (Italia)

El **Observatorio astronómico de Brera** fue construido en la segunda mitad del siglo XVIII en el palacio de Brera en Milán y es muy conocido por las observaciones de Marte hechas por Schiaparelli en 1887.

Las observaciones de estrellas dobles comenzaron a finales del siglo XIX por el mismo **Schiaparelli**. Recientemente M. **Scardia**, probablemente el más experto astrofísico en el campo de las binarias visuales, en Italia, ha publicado numerosos artículos desde 1979 sobre mediciones de estrellas dobles, siendo un especialista en cálculos orbitales. Ha realizado mediciones micrométricas, fotográficas y speckle. Actualmente utiliza la cámara de Interferometría Speckle Pupil (PISCO) sobre un telescopio Zeiss de 1,02 metros de diámetro. Este veterano telescopio fue instalado en el observatorio en 1926 siendo en su época uno de los más grandes de Europa. La cámara PISCO fue diseñada en el observatorio Pic du Midi y tras años de uso en el Pirineo se instaló posteriormente en el observatorio de Italia.



Nuevas binarias con movimiento propio común descubiertas usando el catálogo NOMAD



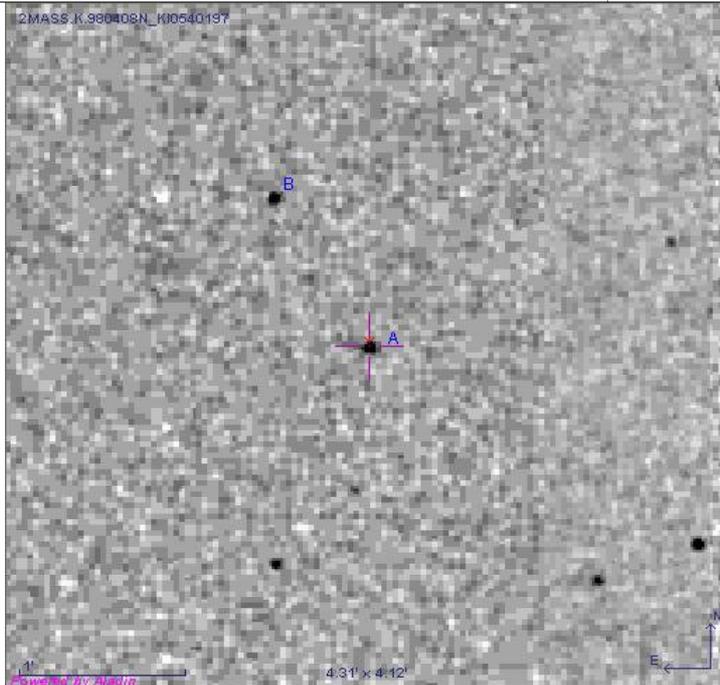
Uno de los nuevos sistemas estelares descubiertos por el amateur Rafael Caballero. Se trata de CBL 30 un sistema triple situado en la constelación del Lince.

El amateur español Rafael Caballero, perteneciente a la Agrupación Astronómica Complutense de Madrid, ha descubierto 110 binarias separadas de movimiento propio común buscando en el catálogo NOMAD. Este fue el resultado de un trabajo de data-mining. La lista de candidatas fue contrastada con el WDS y otras fuentes para evitar reportar binarias ya descubiertas. Se aplicó el criterio de Halbwachs para aumentar la probabilidad de estar ante binarias y no simples alineaciones ocasionales, o sea, pares ópticos. Este criterio evalúa los movimientos propios de las estrellas componentes para seleccionar pares de estrellas con elevada posibilidad de compartir movimiento propio. Mediante la relación entre el movimiento propio del sistema y la distancia angular de las componentes se seleccionan estrellas dobles con una elevada probabilidad de estar relacionadas gravitatoriamente. R. Caballero utilizó también diagramas de movimiento propio reducido para conocer el tipo de estrella (enana, subenana) y detectar objetos con posible relación óptica.

Descubrimiento de la binaria de muy baja masa más separada

Un equipo de astrofísicos canadienses ha presentado el descubrimiento de la binaria de muy baja masa más separada (unos 6.700 Unidades Astronómicas). Fue encontrada en un estudio que cruzaba el *Sloan Digital Sky Survey (SDSS)* y el *Two Micron All Sky Survey (2MASS)*. Las astrometrías de estos catálogos tienen una línea base de 10 años para medir movimientos propios. Los astrofísicos fueron capaces de confirmar el movimiento propio común del par de estrellas (implicando una probabilidad del 99,5% para su asociación física). Espectros en el infrarrojo cercano indican tipos espectrales de $M6 \pm 1$ y $M7 \pm 1$. La distancia espectroscópica para el sistema estelar es de 105 ± 13 pc y su separación angular es de $63,38 \pm 0,05$ segundos de arco. La masa calculada para las componentes es de $0,105 M_{\text{sol}}$ y $0,091 M_{\text{sol}}$. La gran separación y baja energía de unión de este sistema estelar puede proporcionar límites en los modelos de formación de estrellas de muy baja masa.

La binaria M6+M7 descubierta recientemente por un equipo de Canadienses. Imagen del 2MASS.



Observaciones speckle de estrellas binarias Primeros resultados usando el telescopio de 3,5 m. del Wiyen Obs.

El primer resultado del nuevo sistema de imagen speckle, el Instrumento de Estudio Speckle Diferencial, ha sido presentado por un equipo de astrofísicos norteamericanos (a excepción del español Roberto Baena Gallé). Este nuevo instrumento ha sido diseñado para obtener datos speckle con dos filtros simultáneamente usando dos sensores CCD independientes. Este diseño tiene 3 ventajas con respecto a otras cámaras CCD: (1) obtención de dos veces más frames en el mismo tiempo, aumentando la relación señal-ruido; (2) se pueden obtener los colores de las componentes en una única observación, y (3) los dos colores permiten resolver separaciones por debajo del límite de difracción. Para el primer uso del instrumento en el telescopio Wisconsin-Indiana-Yale-NOAO 3,5 m se han realizado 54 observaciones en septiembre de 2008, incluyendo siete componentes resueltas por primera vez. Estas observaciones fueron usadas para conocer las capacidades básicas del instrumento.

Misión Speckles Pic II. Noviembre de 2008.

Interferometría de manchas sobre estrellas dobles.

Speckle Mission Pic II. November 2008.



por *Martine Castets*

Vicepresidenta Asociación AT60¹, Francia · castets.martine@wanadoo.fr



y *Bernard Tregon*

Secretario Asociación AT60¹, Francia · btregon@club-internet.fr

¹ AT60: <http://www.astrosurf.com/t60/>

Tras la primera toma de contacto con la técnica de Interferometría de manchas, los autores presentan los resultados de su segunda misión en el Pic du Midi trabajando con el T60. En este artículo hacen un profundo análisis de las técnicas de calibración y de la extracción de datos. Finalmente, listan medidas de Theta y Rho para 44 estrellas dobles cerradas.

After taking contact with the Speckle Interferometry for the first time, the authors present the results of their second mission at the Pic du Midi Observatory, working with the T60. In this paper they make a deep explanation of the calibration and data-reduction procedures. Finally, they list Theta/Rho measurements for 44 closed double stars.

Interferometría de manchas (Noches 1 y 3)

En nuestra misión precedente¹ mostramos que era posible, con una equipación sencilla, utilizar el método de interferometría de manchas (Speckle Interferometry) para estudiar estrellas dobles cerradas. Cuando hablamos de estrellas dobles cerradas, hay que recordar que la separación teórica dada por un telescopio depende primeramente de la difracción por la abertura circular del telescopio, y en segundo lugar de la calidad de la turbulencia.

Al actuar la turbulencia de manera completamente aleatoria, la suma de imágenes individuales de una secuencia de vídeo no permite por una simple operación de « *Shift and add* » obtener las informaciones de posición de la pareja considerada con una precisión importante (del orden de unas decenas de milisegundos de arco (mas). El método empleado en nuestra misión anterior (suma de cross-correlaciones de cada imagen sobre una secuencia de 600 a 1800 imágenes), permite extraer del ruido atmosférico los



Figura 1. Aspecto del observatorio en el Pic du Midi durante la segunda Misión Speckles en noviembre de 2008. (Cortesía de los autores).

¹ Disponible en http://www.astrosurf.com/t60/missions/compte_rendu_mission_Speckles_pic_I_MCA.pdf y en el Observador de Estrellas Dobles, n.º2, pp. 23-37, 2009 (<http://elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com/>)

datos de separación y de ángulo al norte de una pareja de estrellas apretadas.

El objeto de nuestra misión era pues efectuar un cierto número de medidas sobre una lista de estrellas de separación inferior a 2,5" y con una diferencia de magnitud inferior a 3. Procedimos a la adquisición de las secuencias de vídeo con la ayuda de los elementos que habíamos subido al Pic en la primera misión (adaptador extensible Meade, anillo montura C para la Watec 902H2, y adaptador para el nuevo portaocular recientemente colocado sobre el T60).

La cámara está provista de un capturador Pinnacle Dazzle vídeo recorder, del mismo tipo que el utilizado para las experiencias de ocultación de estrellas en el T60. Los vídeos adquiridos son AVI registrados bajo Virtualdub en modo Raw. La cadencia es 25 ips y el tiempo de exposición según la ficha técnica de la cámara es de 20ms.

Anticipando un poco el rendimiento de la misión, diremos que el apuntado, con un poco de práctica, toma menos de 5 minutos por estrella y la adquisición cerca de 2 minutos. La cosecha total de estrellas (44 pares en total en esta misión) se hizo en el tiempo récord de aproximadamente una noche y media. Teniendo en cuenta la meteorología, más bien desfavorable, que tuvimos en la segunda parte de la misión, fue toda una suerte alcanzar las previsiones.

En cuanto a la elección de las dobles a medir, la consulta a algunos foros y búsquedas en Internet nos convencieron, para comenzar, de abordar una lista bien conocida por los doblistas, la de "Morlet-Durand" establecida en abril de 2002 por la SAF (Sociedad Astronómica de Francia) conteniendo 387 estrellas de referencia, extraídas del WDS:

http://saf.etoiledoubles.free.fr/documents/387_DOUBLES.pdf

Patrick Lailly, al que ya citamos en nuestro informe precedente, extrajo una lista secundaria que podía servir de base para un trabajo de interferometría de manchas (comenzado en el Jean Marc Salomon de Planète Science: http://pagesperso-orange.fr/patrick.lailly/astro/tavelures/manips/select_double.html)

Así pues, nos hemos basado en esta extracción para comenzar nuestro programa de observación de estrellas dobles. Las estrellas de la lista que no hemos podido capturar son aquellas cuya Ascensión Recta las hacía inaccesibles a la observación en este periodo.

Podemos pues considerar que el rendimiento medio de la observación es, aproximadamente, de 30 estrellas por noche, a razón de 7 minutos por estrella.

La fase de calibración

El primer gran problema: la calibración de las medidas. El cálculo de la escala de placa, de acuerdo a un sistema óptico clásico por proyección por ocular, se deduce del esquema mostrado en la Figura 2:

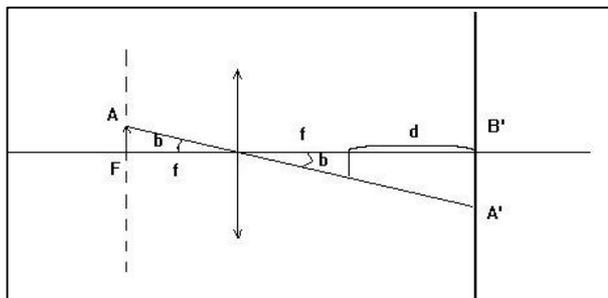


Figura 2

Siendo FA el tamaño de la imagen del objeto observada en el foco del espejo primario, podemos escribir que $FA = F \operatorname{tg}(\alpha)$, siendo alfa el ángulo bajo el cual vemos el objeto. Al ser este ángulo muy pequeño, se puede considerar que $\operatorname{tg}(\alpha) = \alpha$. La escala de placa viene dada entonces por la siguiente relación:

$$n = \frac{206265}{\alpha \frac{F}{l} \left(\frac{d}{f} - 1 \right)}$$

en segundos por píxel (alfa expresado en segundos)

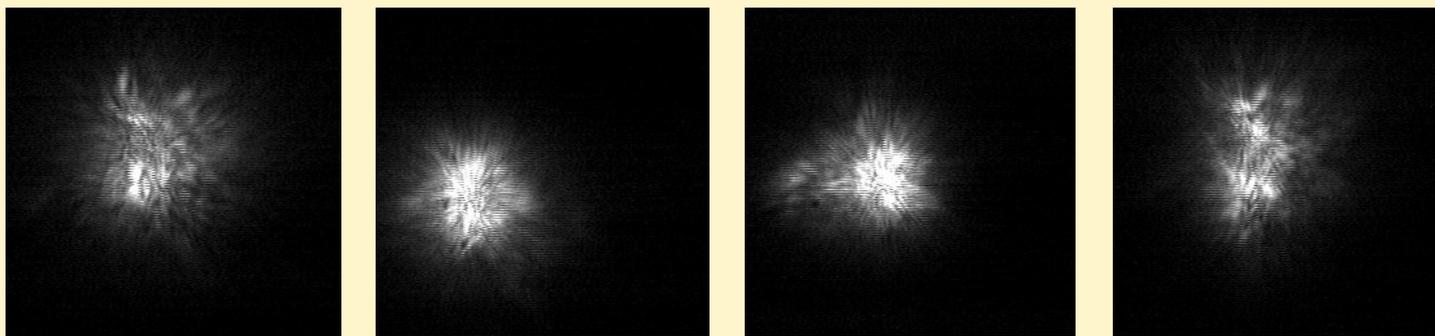
Donde F es la focal del objetivo conocida con una incertidumbre de ± 5 mm, f la focal del ocular, d la distancia de proyección ($\pm 0,5$ mm) y l el tamaño de píxel.

La escala de placa es entonces cercana a 0,086"/píxel. Pero debemos ir más lejos para definir un valor preciso.

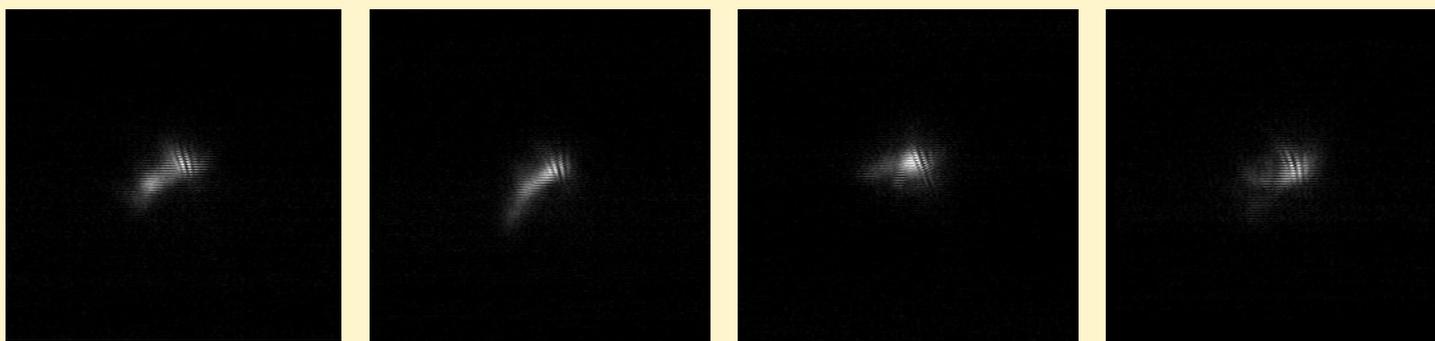
Tratamos de utilizar la técnica de la máscara de Fizeau (ya habíamos contemplado esta posibilidad durante la primera misión). La máscara disponible en el T60, utilizada en principio para efectuar el enfoque preciso, dispone de tres agujeros (máscara de Hartmann). En nuestro ensayo solo hemos utilizado dos de ellos, tapando el tercero. Sus características son: separación $B = 285$ mm; tamaño de las aberturas $S = 160$ mm. La estrella utilizada para hacer el test fue Gamma Pegasi (BSC39 'Algenib', AR = 00h13m14,200s | Dec = +15°11'01,00" el 17/11/2008 a las 21:30 horas. Altura = 61°17', Masa de aire = 1,13).

Antes de la colocación de la máscara tuvimos la precaución de comprobar la presencia de las manchas (Figura 3):

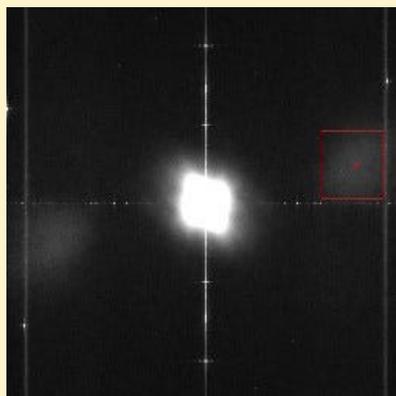
Manchas sobre Algenib



Ensayo de calibración por máscara de Fizeau



Selección de imágenes brutas



Suma de las Transformadas de Fourier y extracción de la periodicidad de las franjas

Figura 3

Las franjas de interferencia se aprecian claramente sobre la secuencia de vídeo. La extracción de la periodicidad de las franjas se hizo por búsqueda del máximo de la FFT (Trasformada rápida de Fourier: **F**ast **F**ourier **T**ransform) en la ventana correspondiente al pico de las franjas.

Sobre el método de la máscara de Fizeau se asienta un problema fundamental: la fórmula de la proyección por ocular definida más abajo implica un conocimiento perfecto de la longitud de onda (fórmula deducida de la página <http://btregon.club.fr/seeingrecup.htm>):

$$k = \frac{N}{n} = \frac{N}{\frac{\lambda F}{B l} \left(\frac{d}{f} - 1 \right)}$$

Siendo N el tamaño de la imagen de la FFT, B la separación de los agujeros, F la focal del objetivo, f la focal del ocular, d la distancia de proyección y l el tamaño de píxel. Podemos hacer una estimación del máximo de sensibilidad espectral del sensor, pero la precisión es insuficiente para tener una medida fiable de la escala de placa (basta con

ANCHURA FRANJA MEDIDA SOBRE LA FFT (PÍXELES)	LAMBDA (MICRAS)	B (MM)
	6,10E-01	0,285
5,145	Tamaño angular de la franja (")	Escala de placa (píxeles/franja)
	0,4415	0,0858

Tabla 1

comprobar la dispersión de los puntos correspondientes a la periodicidad de las franjas). El término en λ/B introduce una imprecisión debida al hecho de que la medida presentada aquí no está filtrada espectralmente. A pesar de todo, tenemos una medida cuyo orden de magnitud es coherente si la longitud de onda del máximo de sensibilidad de la cámara está próxima a 0,61 micras (Tabla 1).

De acuerdo a ello parece ser más acertado quedarse con un procedimiento de calibración más "clásico" para medir las parejas consideradas.

Escogimos como doble de calibración STF958 para establecer la calibración Theta y Rho. Conforme a las consideraciones del libro de Paul Couteau [1], utilizamos una estrella que en el momento de la observación se encontraba lo más alto posible, con el fin de evitar la perturbación inducida por la refracción atmosférica. La cámara estuvo inmovilizada durante todo el transcurso de las adquisiciones (2 noches) y la estrella de calibración se capturó al final de la primera noche.

Los cálculos del valor de la altura y de la capa de aire atravesada (airmass) han sido establecidos con la ayuda del software *Prism V6* (Figuras 4 y 5).

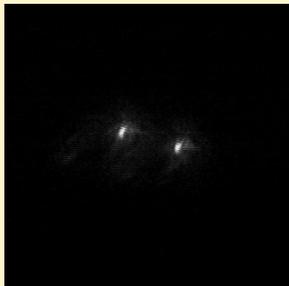
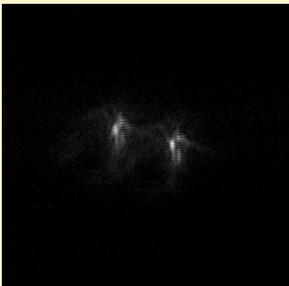
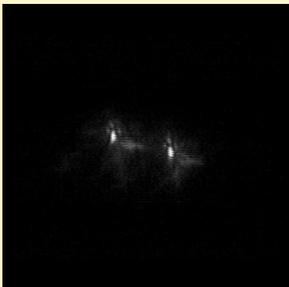
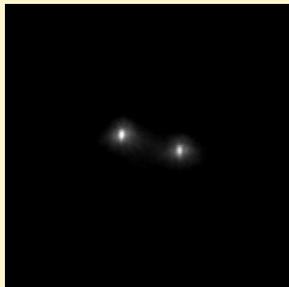
Calibración por medida directa							
WDS	Cons	Fecha	Fecha decimal	Masa de aire	Altura	AR 2000 (hh mm ss)	Dec 2000 (° ' ")
STF 958AB	Lyn	18/11/2008 4h27	2008,888	1,02888	+76°22'35"	06 48 13	+55 42 12.9
							
Selección de imágenes brutas							
							
Mejor imagen de la secuencia obtenida con « Best of » de Iris				Suma de 600 imágenes por el método « shift and add »			
Rho = 52,639		Beta = -15,511		Rho = 52,658		Beta = -15,258	
(Píxeles)		(°)		(Píxeles)		(°)	
Medida imagen única				Medida <i>shift & add</i> 600 imágenes			

Figura 4

La posición de los centroides de las estrellas se obtuvo por el algoritmo de búsqueda por el método de ajuste de una gaussiana 2D sobre la estrella (Prism V6). Éste es el método que ha sido principalmente utilizado a lo largo de todo este trabajo. No obstante, en ciertos casos de imágenes speckles donde el algoritmo no convergía, la determinación de posición se hizo con la ayuda de

la rutina de cálculo del baricentro de los píxeles en una ventana ajustada al pico de correlación considerado.

El ángulo Beta no es el ángulo de posición de la doble, sino el ángulo con respecto al eje x de la cámara.

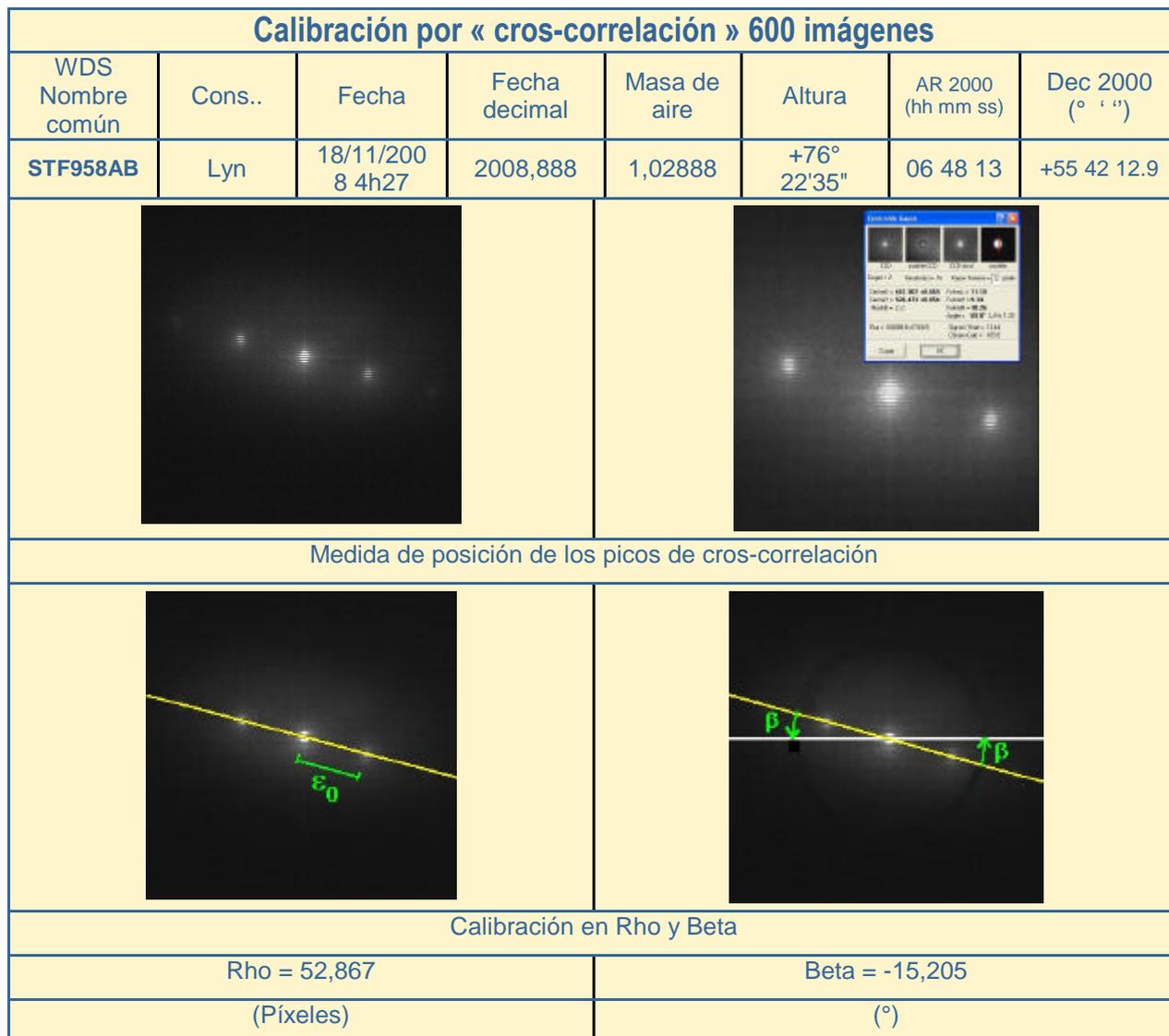


Figura 5

Para establecer los valores de referencia de Epsilon y de Theta, ahora necesitamos medidas oficiales recientes de nuestra estrella de calibración. Para ello hemos utilizado el "Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars" (<http://ad.usno.navy.mil/wds/int4.html>), de donde extrajimos los datos disponibles para el sistema STF958 (Tabla 2).

La medida más reciente disponible en este catálogo es relativamente antigua ya que data de finales de 2002. Tenemos pues como indicativo Rho = 4,55 y Theta = 256,3. De acuerdo al catálogo WDS, las informaciones relativas al ángulo

de posición, indican que, éste, se ha mantenido estable desde hace varios años. Por tanto, consideramos el valor **256,3°** como referencia. Las respectivas magnitudes de las dos componentes nos plantean un problema a la hora de deducir la posición del norte sobre la imagen. En efecto, la medida de Theta se toma en sentido directo (también llamado trigonométrico o sentido inverso a las agujas del reloj) partiendo desde el eje al norte. En el caso que nos interesa tenemos dos soluciones para orientar nuestros fotogramas con 180° de diferencia.

Para deshacer esta ambigüedad se utilizó una segunda medida sobre una estrella múltiple -

06482+5542 STF 958 A tiene movimiento propio variable. B es una binaria espectroscópica.		
064812,23+554216,0	ADS 5436	STF 958AB
HD 48767+66	HIP 32609	06482+5542
ÉPOCA	THETA	RHO
1991,25	256,9	4,635
1991,7	76,9	4,634
1998,205	257	4,19
2002,961	256,3	4,55

Tabla 2

06462+5927 STF 948 (12 Lyn) Una órbita prematura ha sido calculada. Estrella C (mag. 7,4, 8") es física.		
2006,106	71,4	1,78
064614,15+592630,1	ADS 540	STF 948AC
2005,222	308,9	8,71
2006,106	308,9	8,66

Tabla 3

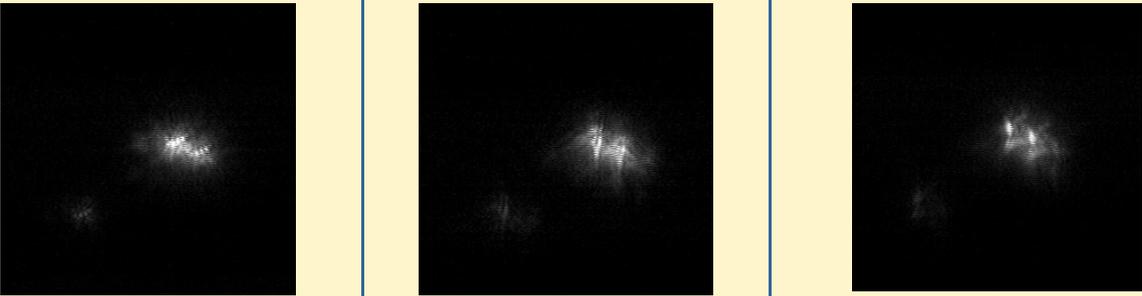
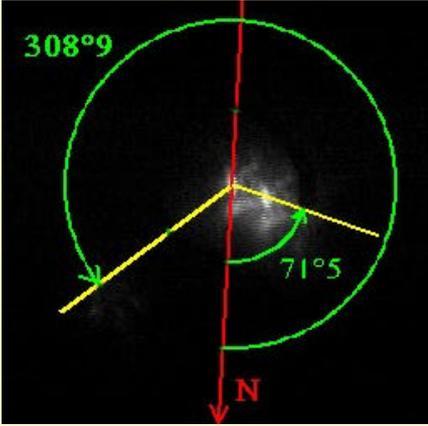
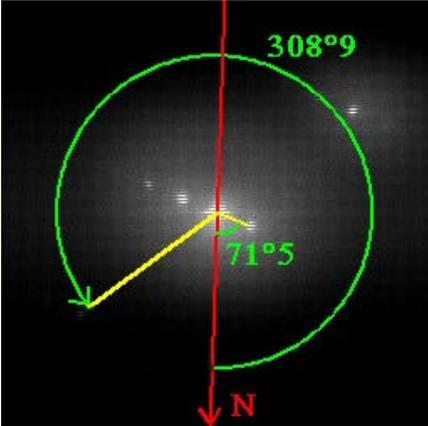
Segunda calibración por medida directa y cross-correlación							
WDS Nombre común	Cons.	Fecha	Fecha decimal	Masa de aire	Altura	AR 2000 (hh mm ss)	Dec 2000 (° ' ")
STF948AB-C	Lyn	18/11/2008 4h06	2008,888	1,04333	+73°24'55"	06 46 14	+59 26 30
							
Selección de imágenes brutas							
							
Mejor imagen de la secuencia obtenida con « Best of » de Iris				Cross-correlación sobre una secuencia de 600 imágenes			
Rho (AB) = 21,796		Beta (AB) = -22,27		Rho (AB) = 21,869		Beta (AB) = -22,160	
Rho (AC) = 101,899		Beta (AC) = 37,842		Rho (AC) = 101,538		Beta (AC) = 36,993	
(Píxeles)		(°)		(Píxeles)		(°)	
Medida imagen única				Medida cross-correlación 600 imágenes			

Figura 6

en este caso utilizamos la medida de STF948- (Figura 6). Sus medidas oficiales, también extraídas del "Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars", se presentan en la Tabla 3.

Ahora sabemos que el norte está situado hacia abajo, lo que nos permite establecer la relación algebraica de la medida de los ángulos (Figura 7).

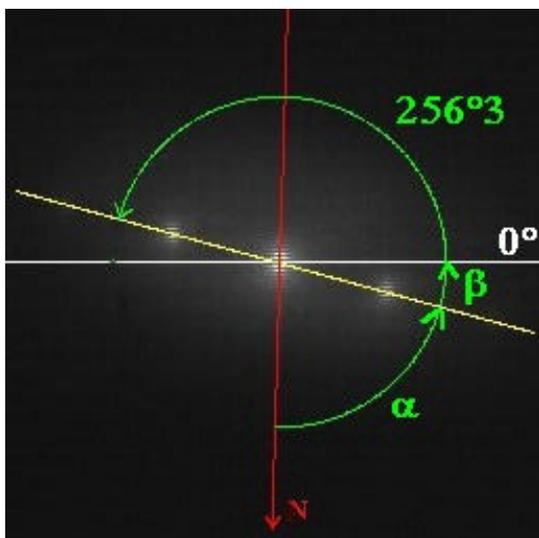


Figura 7

La medida del ángulo de posición se hace con relación a la horizontal con ayuda de la ecuación:

$$\beta = \arctan \left(\frac{Y_M - Y_C}{X_M - X_C} \right)$$

Siendo X_c e Y_c las coordenadas del centro de la imagen.

A partir de aquí podemos calcular el ángulo (δ) entre la horizontal y el eje norte:

1. Para la intercorrelación:

$$\delta = \alpha + \beta = 91,505^\circ$$

2. Para la medida directa sobre suma recen-trada:

$$\delta = \alpha + \beta = 91,556^\circ$$

3. Para la media directa sobre imagen bruta:

$$\delta = \alpha + \beta = 91,811^\circ$$

Siendo β el ángulo con respecto a la horizontal, el ángulo de posición se calcula de manera inmediata con la expresión algebraica:

$$\theta = \delta + \beta_m \pm 180^\circ$$

El término $\pm 180^\circ$ se deriva de la elección de la estrella de origen. Finalmente, tomamos como valor de calibración el valor intermedio entre la medida directa y la medida por correlación:

$$\delta = 91,66^\circ$$

Para la medida de la separación la coherencia de las medidas entre STF948AB, STF948AC y STF958AB es problemática. En efecto, la medida de STF958 en 2002 da un valor de $4,55''$, que proporciona una escala de placa de $0,0864''/\text{píxel}$ para una medida directa (imagen bruta y *shift and add*), mientras que por *cross-correlación* el valor es $0,0860''/\text{píxel}$. Si aplicamos este resultado a STF948AB y AC, obtenemos una separación para AB de $1,872''$ y para AC de $8,753''$. Comparando estos valores con las medidas del "Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars", la separación de las componentes AB y AC están sobrevaloradas en los dos casos, sobre todo para el valor de la separación de STF948AC. La separación de esta pareja durante una quince-na de años (1991-2006) varía en torno a un valor medio de $8,678''$ con una desviación típica de $0,038''$. Por lo tanto, nos movemos entre dos y tres veces la desviación típica por encima del valor del conjunto de las medidas recientes hechas sobre esta pareja. La situación es idéntica sobre STF948AB. Dadas las circunstancias no hemos considerado como valor final de la separación para la calibración la de STF958AB (vista la antigüedad de la medida), sino la de STF948AC, ya que además su separación más amplia nos da una mejor precisión para la medida de nuestra escala de placa.

Finalmente, el valor definitivo para la escala de placa es:

$$\Delta \varepsilon = 0,0855''/\text{píxel}$$

Este valor nos hace considerar el orden de magnitud del error sobre la medida, que será cercano a ± 20 mas a 2 sigma.

Los resultados

Debido al gran volumen de datos y por una pura cuestión de espacio físico en estas páginas, la totalidad de los resultados detallados están disponibles on-line en la dirección:

http://btregon.club.fr/tavelures/comp-te_rendu_mission_Speckles_pic_II_annexe_complete.zip

La Tabla 4 presenta el informe de las medidas propiamente dicho. Se muestran a la vez las medidas directas (cuando fue posible realizarlas) y las medidas efectuadas sobre los picos de correlación. Las columnas *Masa de aire* y *Altura* corresponden respectivamente al espesor de la capa de aire y a la altura del astro, calculadas -en el momento de la adquisición del vídeo- por el

programa *Prism*. Las magnitudes han sido extraídas del catálogo WDS.

En la Tabla 5 se recogen las medidas finales en el formato estándar para facilitar su inclusión en catálogo WDS. Los pares están ordenados en orden creciente de Ascensión Recta.

Design WDS	Const.	Masa aire	Altura	Mag. WDS	MEDIDA DIRECTA		CROS-CORRELACIÓN	
					EPSILON (")	PROMEDIO THETA	EPSILON (")	PROMEDIO THETA
Dobles privilegiadas								
STF 202	Psc	1,4784	+42°29'18"	4,1 5,2			1,83	265,78
STF 333	Ari	1,0999	+65°21'25"	5,2 5,6	1,36	207,48	1,40	208,61
DA 5	Ori	1,42626	+44°26'52"	3,6 4,9			1,76	76,02
STF 795	Ori	1,24778	+53°12'54"	6,0 6,0	1,04	218,98	1,06	219,00
STF 948AB	Lyn	1,0432	+73°25'46"	5,4 6,0	1,86	69,39	1,87	69,50
STF 948AC	Lyn	1,0432	+73°25'46"	5,4 6,0	8,71	309,50	8,68	308,65
STF 1291	Cnc	1,0645	+69°55'35"	6,1 6,4	1,47	309,44	1,47	312,30
STF 1333	Lyn	1,0545	+71°27'39"	6,6 6,7	1,81	54,10	1,88	50,05
STF 1523	UMa	1,3100	+49°42'01"	4,3 4,8			1,58	216,63
Dobles difíciles								
STF 228	And	1,0086	+82°30'16"	6,6 7,1	0,86	289,67	0,83	293,28
STT 20	Psc	1,1472	+60°36'38"	6,2 6,9			0,57	187,21
STT38BC	And	1,0000	+89°18'11"	5,5 6,3			0,17	183,12
STT38A-BC	And	1,0000	+89°18'11"	5,5 6,3			9,43	63,02
BU 4	Psc	1,2219	+54°52'25"	7,4 8,0	0,51	-10,56	0,50	118,18
STF 511	Cam	1,0618	+70°19'17"	7,5 7,9	0,48	-25,89	0,51	80,55
BU 720	Peg	1,0837	+67°17'56"	6,0 6,0			0,54	100,45
Dobles abandonadas								
AC 1	And	1,0469	+72°45'29"	7,3 8,3	1,57	216,39	1,84	288,14
STF 59	Cas	1,0895	+66°34'41"	7,2 8,1	2,26	112,62	2,26	147,90
STF 113A-BC	Cet	1,5455	+40°14'10"	6,5 7,0	1,57	35,75	1,65	19,05
STF113 BC	Cet	1,5455	+40°14'10"	6,5 7,0			<0,16	
STF 138	Psc	1,3169	+49°20'48"	7,5 7,6	1,77	58,97	1,71	57,14
STF 147	Cet	1,9197	+31°16'48"	6,2 7,3			0,25	191,45
STF 162 AA	Per	1,0529	+71°43'53"	6,5 7,2			<0,16	
STF 162 AB	Per	1,0529	+71°43'53"	6,5 7,2	1,90	199,15	1,91	199,36
STF 162 AC	Per	1,0529	+71°43'53"	6,5 7,2	20,10	179,51	20,42	178,01
STF 186	Cet	1,4952	+41°53'59"	6,8 6,8	0,78	68,03	0,80	65,35
STF 269	Tri	1,1017	+65°09'28"	7,6 9,0	0,51	21,07	1,64	344,70
STF 285	Tri	1,0848	+67°09'31"	7,5 8,1	1,65	162,23	1,71	162,17
HU 544	Per	1,0377	+74°28'20"	6,7 8,2	1,57	100,01	1,60	102,24
STF 400	Cam	1,0635	+70°04'33"	6,8 8,0	1,50	267,81	1,56	266,74
STF 425	Per	1,0442	+73°14'58"	7,5 7,6	1,95	61,84	1,93	62,02
STF 521	Per	1,0208	+78°23'55"	7,4 9,2	2,00	257,10	1,98	258,73
STF 644	Aur	1,0052	+84°06'42"	6,8 7,0	1,58	223,31	1,63	221,42
STF 652	Ori	1,3945	+45°44'42"	6,3 7,4			1,64	180,03

Tabla 4. Medidas directas y por correlación (sigue en la página siguiente).

Design WDS	Const.	Masa aire	Altura	Mag. WDS	MEDIDA DIRECTA		CROS-CORRELACIÓN	
Dobles privilegiadas					EPSILON (")	PROMEDIO THETA	EPSILON (")	PROMEDIO THETA
STF 734	Ori	1,4409	+43°52'27"	6,7 8,2	1,51	11,16	1,65	357,30
STF 3050	And	1,0298	+76°08'53"	6,5 6,7	2,17	335,95	2,25	335,36
Dobles lista suplementaria								
STF 2878	Peg	1,3484	+47°48'24"	6,9			1,44	120,05
STF 2909	Aqr	1,5162	+41°11'02"	4,3	2,03	168,17	2,08	169,82
STF 2950	Cep	1,0876	+66°49'05"	6,0			1,25	279,53
STT 12	Cas	1,0321	+75°39'16"	5,5			0,28	208,25
STT 515	And	1,0121	+81°01'46"	4,5			0,51	121,14
STF 346	Ari	1,0689	+69°16'39"	6,2	0,405	249,811	0,404	242,48
HDS473	Per	1,0314	+75°48'18"	3,03			<0,16	
HU304	Tau	1,3015	+50°08'46"	5,8			0,28	13,14

Tabla 4. Medidas directas y por cros-correlación (viene de la página anterior).

TABLA 5: RESUMEN DE MEDIDAS FINALES.								
WDS ID.	NOM. COMÚN	WDS MAGS.	ÉPOCA	THETA (°)	RHO (")	Nº IMG.	NOCHES	NOTAS
00209+3259	AC 1	7,27 8,26	2008,885	288,14	1,84	600	1	Speckle
00318+5431	STT 12	5,33 5,62	2008,885	208,25	0,28	600	1	Speckle
00480+5127	STF 59	7,24 8,06	2008,885	147,9	2,26	600	1	Speckle
00546+1911	STT 20AB	6,12 7,19	2008,885	187,21	0,57	600	1	Speckle
01095+4715	STT 515	4,59 5,61	2008,885	121,14	0,51	600	1	Speckle
01198-0030	STF 113A-BC	6,45 6,99	2008,885	19,05	1,65	600	1	Speckle
01198-0031	STF113 BC	7,4 7,6	2008,885		<0,16	600	1	Speckle
01213+1132	BU 4 AB	7,12 8,86	2008,885	118,18	0,5	600	1	Speckle
01360+0739	STF 138	7,50 7,63	2008,885	57,14	1,71	600	1	Speckle
01417-1119	STF 147	6,14 7,17	2008,885	191,45	0,25	600	1	Speckle
01493+4754	STF 162 AA	6,47 ,	2008,885		<0,16	600	1	Speckle
01493+4754	STF 162 AB	6,47 7,22	2008,885	199,36	1,91	600	1	Speckle
01493+4754	STF 162 AC	6,47 9,4	2008,885	178,01	20,42	600	1	Speckle
01559+0151	STF 186	6,79 6,84	2008,885	65,35	0,8	600	1	Speckle
02020+0246	STF 202	4,10 5,17	2008,885	265,78	1,83	600	1	Speckle
02039+4219	STF205A-BC	5,1 6,3	2008,885	183,12	0,17	600	1	Speckle
02039+4220	STT38BC	5,5 6,3	2008,885	63,02	9,43	600	1	Speckle
02140+4729	STF 228	6,56 7,21	2008,885	293,28	0,83	600	1	Speckle
02282+2952	STF 269	7,69 8,97	2008,885	344,7	1,64	600	1	Speckle
02388+3325	STF 285	7,48 8,14	2008,885	162,17	1,71	600	1	Speckle
02592+2120	STF 333	5,17 5,57	2008,885	208,61	1,4	600	1	Speckle
03054+2515	STF 346	6,21 6,19	2008,885	242,48	0,404	600	1	Speckle
03158+5057	HU 544	6,72 8,20	2008,885	102,24	1,6	600	1	Speckle
03350+6002	STF 400AB	6,79 7,97	2008,885	266,74	1,56	600	1	Speckle
03401+3407	STF 425	7,52 7,60	2008,885	62,02	1,93	600	1	Speckle
03429+4747	HDS473	3,03 6,17	2008,885		<0,16	600	1	Speckle
04179+5847	STF 511	7,37 8,7	2008,885	80,55	0,51	600	1	Speckle
04218+5002	STF 521	7,44 9,17	2008,885	258,73	1,98	600	1	Speckle

(sigue en la página siguiente)

TABLA 5: RESUMEN DE MEDIDAS FINALES (CONT.)

WDS ID.	NOM. COMÚN	WDS MAGS.	ÉPOCA	THETA (°)	RHO(°)	Nº IMG.	NOCHES	NOTAS
04239+0928	HU304	5,8 5,9	2008,885	13,14	0,28	600	1	Speckle
05103+3718	STF 644AB	6,78 6,98	2008,885	221,42	1,63	600	1	Speckle
05118+0102	STF 652	6,26 7,44	2008,885	180,03	1,64	600	1	Speckle
05245-0224	DA 5	3,56 4,87	2008,885	76,02	1,76	600	1	Speckle
05331-0143	STF 734AB	6,67 8,22	2008,885	357,3	1,65	600	1	Speckle
05480+0627	STF 795	5,99 6,03	2008,885	219	1,06	600	1	Speckle
06462+5927	STF 948AB	5,44 6,0	2008,885	69,5	1,87	600	1	Speckle
06462+5927	STF 948AC	5,44 7,05	2008,885	308,65	8,68	600	1	Speckle
08542+3035	STF 1291	6,09 6,37	2008,885	312,3	1,47	600	1	Speckle
09184+3522	STF 1333	6,63 6,69	2008,885	50,05	1,88	600	1	Speckle
11182+3132	STF 1523	4,33 4,80	2008,885	216,63	1,58	600	1	Speckle
22145+0759	STF 2878 AB	6,94 8,11	2008,885	120,05	1,44	600	1	Speckle
22288-0001	STF 2909	4,34 4,49	2008,885	169,82	2,08	600	1	Speckle
22514+6142	STF 2950	6,03 7,08	2008,885	279,53	1,25	600	1	Speckle
23340+3120	BU 720	5,67 6,11	2008,885	100,45	0,54	600	1	Speckle
23595+3343	STF 3050	6,46 6,72	2008,885	335,36	2,25	600	1	Speckle

Discusión sobre las medidas

Vamos a presentar ahora tres medidas completas. Cada vídeo adquirido fue objeto de un cierto número de operaciones. Primeramente, el vídeo ha sido convertido con la ayuda del software *Iris* en imágenes en formato *Fits* susceptibles de ser utilizadas. Después, una selección mediante "*bestof*" permite extraer las mejores imágenes de la secuencia. Luego, sobre el conjunto de la secuencia, utilizamos el generador de *script* (fichero Excel) que citamos en nuestro primer informe (ver OED nº 2). Este fichero permite generar un *script* de cálculo de la suma las intercorrelaciones y su cuadrado (cros-correlación) ejecutable bajo *Iris* (el archivo está disponible mediante petición expresa enviando un mail a la dirección (btregon@club-internet.fr)). El resultado de este cálculo sirve de base para la lectura de los parámetros de posición de la estrella doble. A continuación, el análisis realizado para STF2909AB, sistema que ya estudiamos en la primera misión (Figura 8).

La extracción de Theta y Rho se hace primero por medida directa (cuando esto es posible), sobre la mejor imagen de la secuencia. Extrayendo Beta y mediante los parámetros de calibración vistos más arriba, se deducen la separación y el ángulo de posición. Veremos más adelante que la presencia del speckles a veces

hace imposible esta operación. En segundo lugar, procedemos al análisis de la imagen de cros-correlación midiendo la posición de los dos picos (correspondientes al máximo de coherencia de la pareja en la secuencia de vídeo). Una vez medidos los dos picos, hacemos la media de las separaciones y de los ángulos de posición.

Con el fin de evaluar la validez de nuestras medidas, comparadas con la literatura, cada pareja fue objeto del siguiente tratamiento:

- Recuperación de las medidas disponibles para la pareja vía diferentes fuentes : USNO, Observatorio de Niza, *Sidonie* : <http://sidonie.obs-nice.fr/scripts/SidonieAccueilF.asp>.
- Recuperación de los parámetros de órbitas oficialmente publicados (la misma fuente).
- Simulación y adición sobre el mismo gráfico de las medidas obtenidas.

Todas las simulaciones han sido realizadas con la ayuda de un fichero *Excel* para el cálculo de órbitas, disponible en el sitio de Internet de A. et S. Rondi: (<http://www.astrosurf.com/rondi/t60/crabe-tambour/speckle.htm>).

Los elementos orbitales utilizados fueron los elementos dinámicos y los elementos de Campbell (Tabla 6).

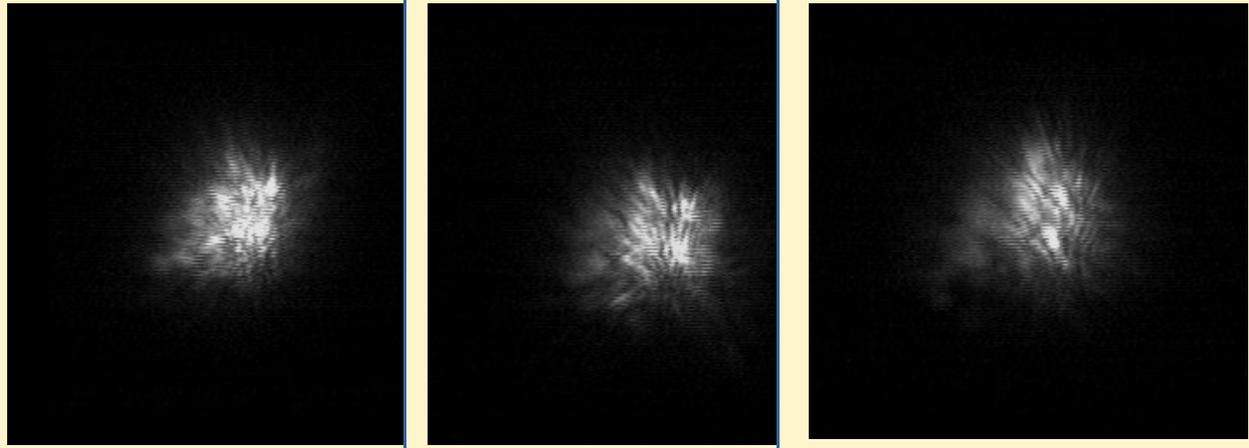
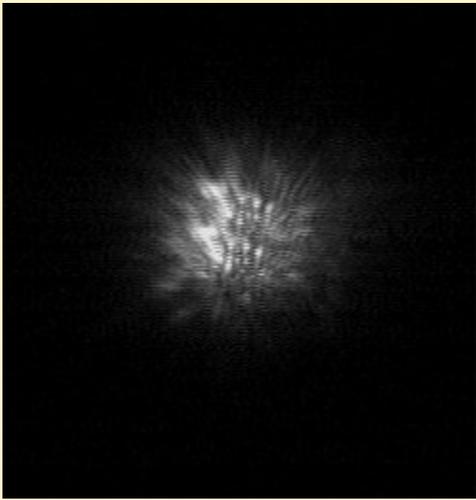
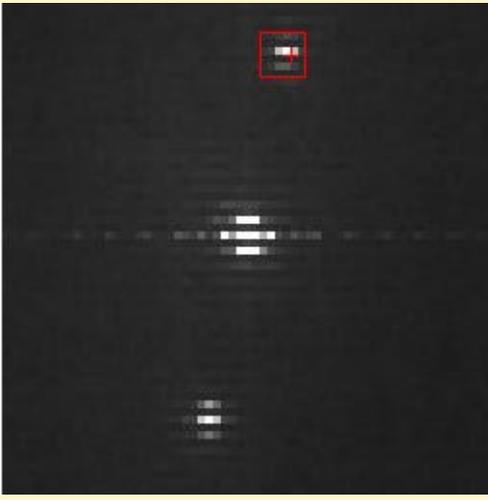
WDS	Cons	Fecha	Fecha decimal	Masa de aire	Altura	AR 2000 (hh mm ss)	Dec 2000 (° ' ")
STF2909AB	Aqr	19/11/2008 03h34 local	2008,888	1,5162	+41°11'02"	22 28 49	- 00 01 13
							
Selección de imágenes brutas							
							
Mejor imagen de la secuencia obtenida con « Best of » de Iris				Cros-correlación sobre una secuencia de 600 imágenes (imagen aumentada)			
Rho = 2,025		Theta = 168,171		Rho = 2,077		Theta = 169,819	
(")		(°)		(")		(°)	
Medida imagen única				Medida Cros-correlación 600 imágenes			

Figura 8.

AUTOR	P	n	T	a	e	i	o	w
FRANZ 1958	600	0,6	1972,75	4,013	0,45	137	124,37	253,62
HEINTZ 1983	760	0,4737	1968	4,507	0,5	135,87	124,64	63,42

Tabla 6. Elementos orbitales para STF2909AB.

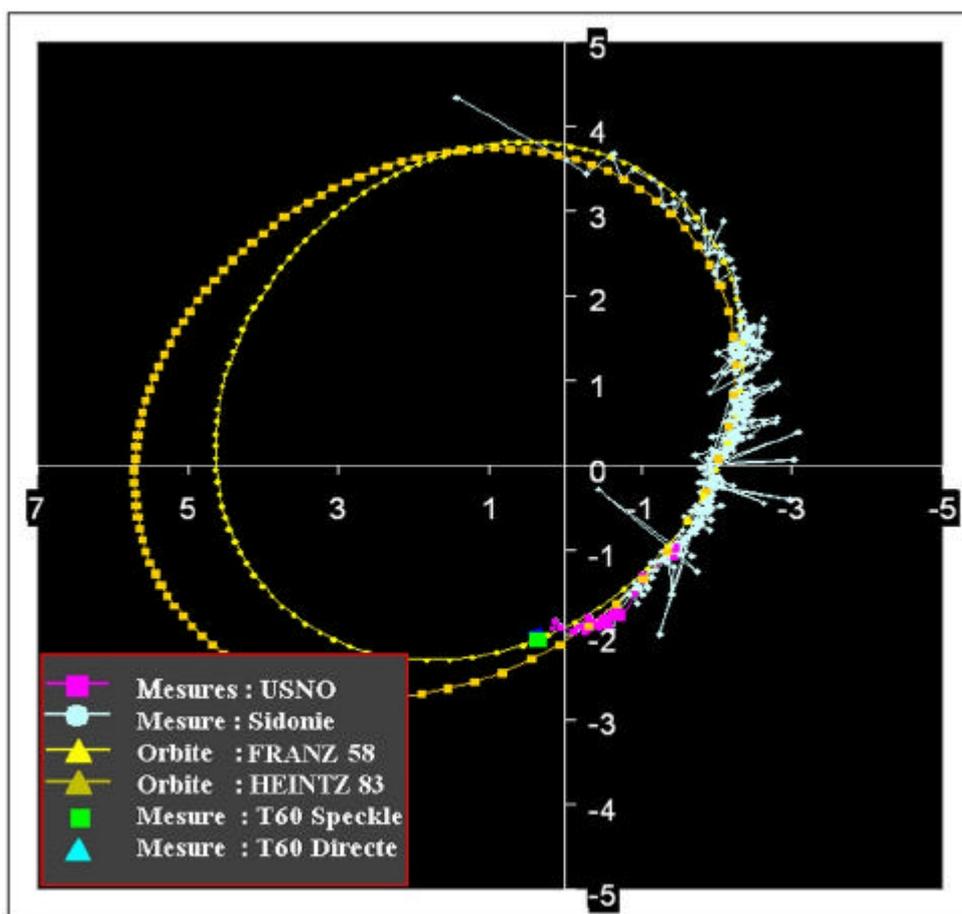


Figura 9. STF2909AB. Norte arriba.

Todas las dobles estudiadas han sido objeto de este tratamiento. Solamente 18 pares de los 44 disponen de una órbita calculada.

Tomaremos ahora en calidad de ejemplo y para ilustrar la coherencia con las medidas oficiales, el caso del sistema STF228 (Figuras 10 y 11; Tabla 7).

Puede apreciarse que las medidas obtenidas para STF 228 están particularmente bien correlacionadas con la lista de las medidas oficiales. Sin embargo, es frecuente que los picos de correlación se muestren suavemente hinchados en parejas cuya separación es inferior a un segundo. Este ensanchamiento o expansión de los picos puede ser interpretado como una distorsión local debida a la turbulencia durante tiempo de adquisición del vídeo. Este aspecto se discutirá más adelante. Podemos establecer con el análisis que se puede considerar como límite, una estrella de separación inferior a 0,5".

Ejemplo de un sistema cerrado

HU304 es un caso límite, la obtención de la posición de los picos de máxima coherencia es obtenida por cálculo del centro de gravedad de los píxeles fuera de eje, en una ventana simétrica de

una y otra parte del origen, rodeando la posición estimada del pico de coherencia. La incertidumbre es pues muy importante sobre el ángulo Theta.

Vemos aquí que a pesar de la dispersión (ensanchamiento) de la cros-correlación, las medidas muestran buen acuerdo con las predichas por la órbita, con la condición, no obstante, de hacer un análisis correcto de la geometría de la dispersión de los picos.

Discusión sobre el método de extracción

En el análisis de los picos se presentan varias soluciones: a) un análisis que se podría calificar de estadístico (que consiste en considerar que la suma de las correlaciones nos da acceso a la posición efectiva de la pareja, vía su probabilidad temporal de aparición en la imagen; b) un análisis puramente geométrico, consistiendo en considerar la posición del centro de los picos, analizando la dispersión (fuera de las intensidades intrínsecas de los píxeles del pico de correlación).

No estando todavía bastante al corriente de estas técnicas, intuitivamente escogimos utilizar el primer análisis, a saber, la determinación de la posición del pico por interpolación con una fun-

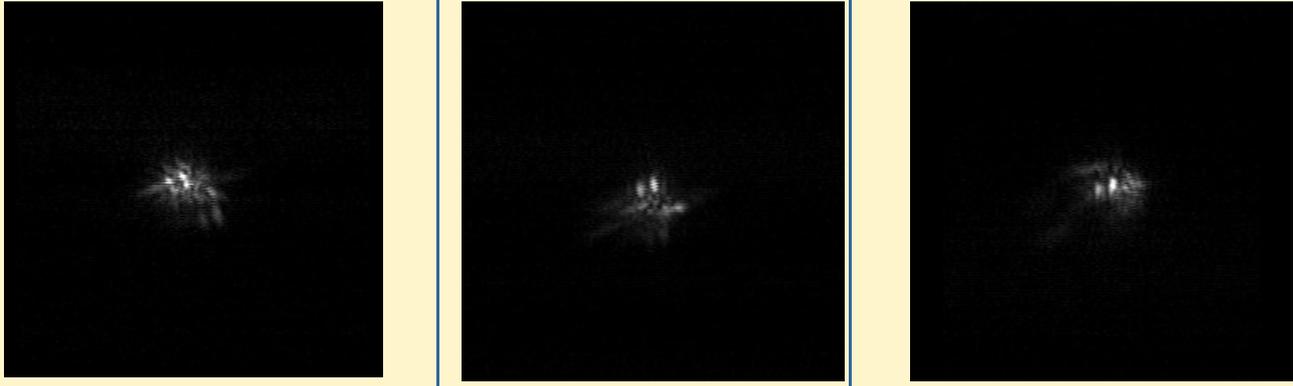
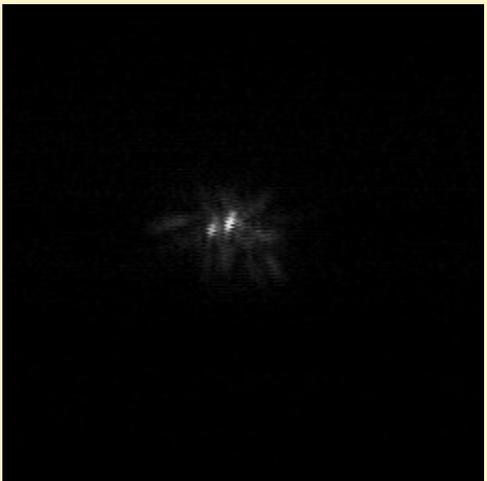
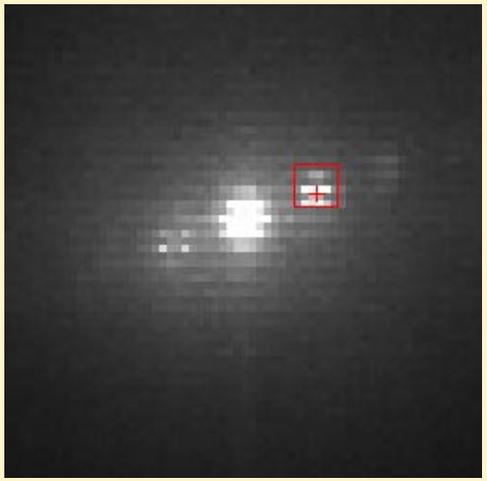
WDS	Cons.	Fecha	Fecha decimal	Masa de aire	Altura	AR 2000 (hh mm ss)	Dec 2000 (° ' ")
STF228	And	17/11/2008 23h58 local	2008,888	1,0086	+82°30'16"	02 14 02	+47 29 03
							
Selección de imágenes brutas							
							
Mejor imagen de la secuencia obtenida con « Best of » de Iris				Cros-correlación sobre una secuencia de 600 imágenes (imagen aumentada)			
Rho = 0,862		Theta = 289,66		Rho = 0,828		Theta = 293,27	
(")		(°)		(")		(°)	
Medida imagen única				Medida Cros-correlación 600 imágenes			
Medida oficial más reciente (fuente: Sidonie & USNO)							
Época			Theta			Rho	
2004,972			286,8			0,915	

Figura 10

AUTOR	P	n	T	a	e	i	o	w
Heintz 1983	143,6	2,507	1898,8	0,253	0,908	63	99,2	321,6

Tabla 7. Elementos orbitales para STF 228.

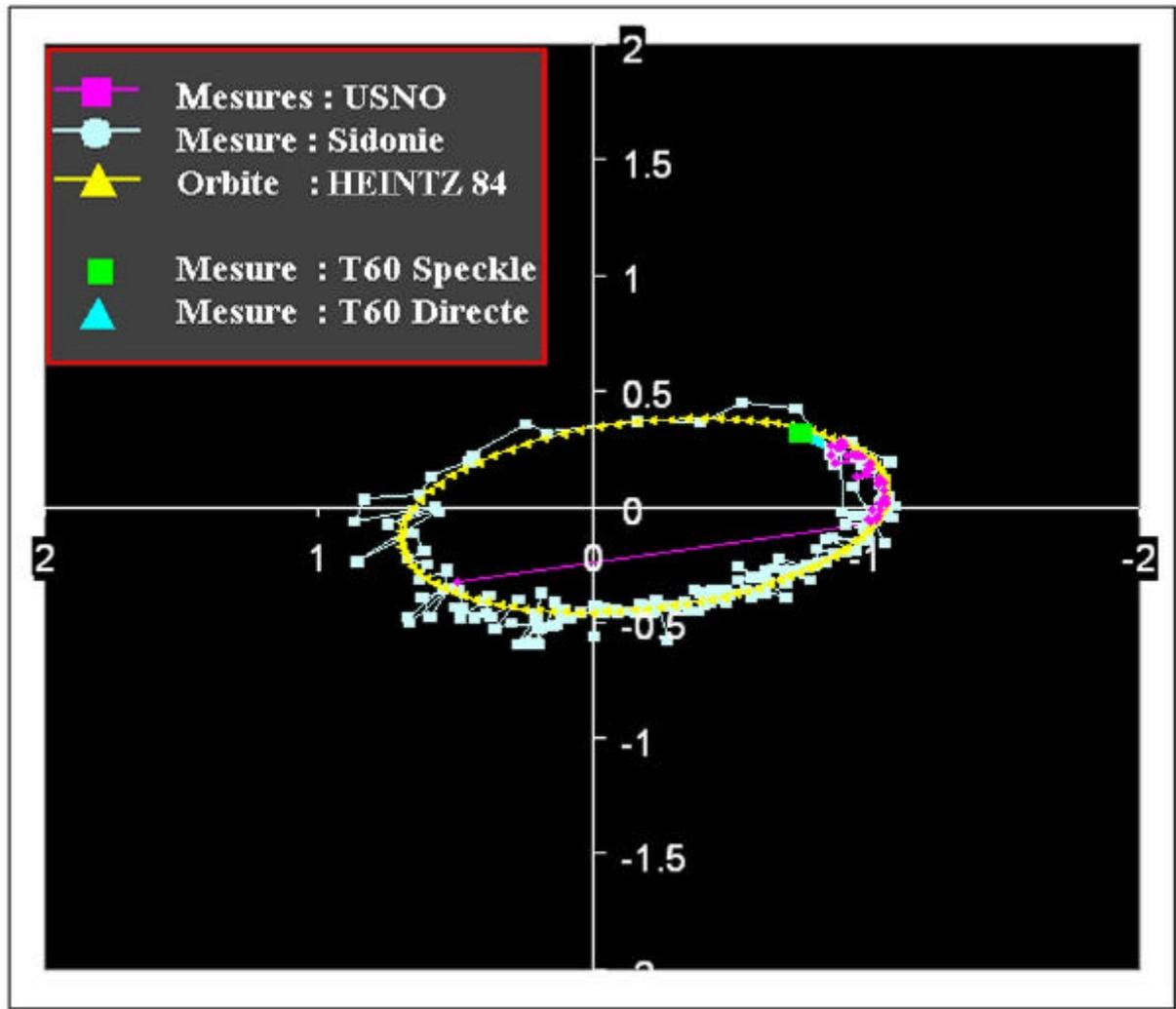


Figura 11. STF 228. Norte arriba.

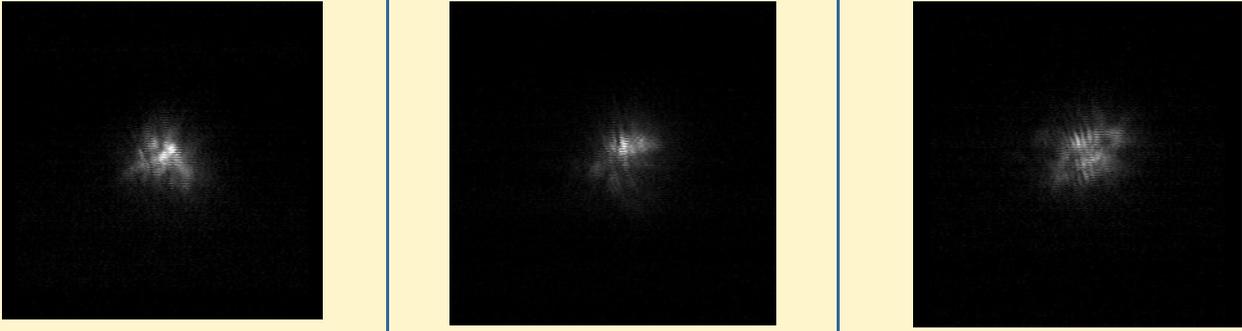
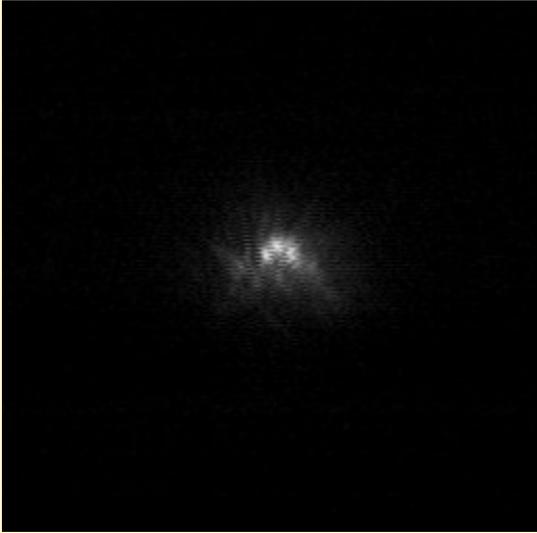
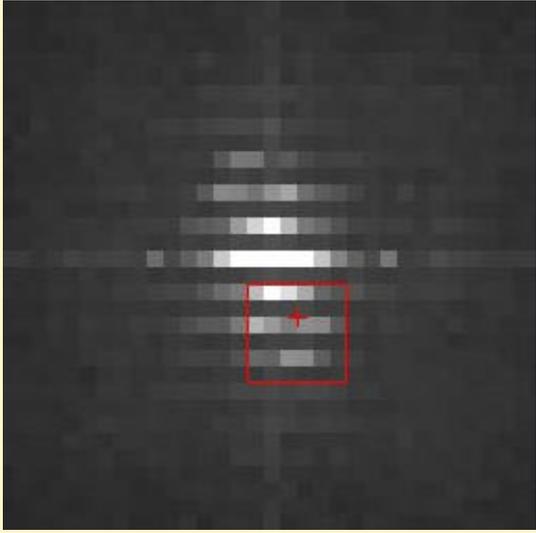
WDS	Cons	Fecha	Fecha decimal	Masa de aire	Altura	AR 2000 (hh mm ss)	Dec 2000 (° ' ")
HU304	Tau	19/11/2008 23h47 local	2008,888	1,3015	+50°08'46"	04 23 51	+09 27 39
							
Selección de imágenes brutas							
							
Mejor imagen de la secuencia obtenida con « Best of » de Iris				Cros-correlación sobre una secuencia de 1200 imágenes (imagen aumentada)			
Rho = S/O		Theta = S/O		Rho = 0,282		Theta = 13,14	
(")		(°)		(")		(°)	
Medida imagen única				Medida Cros-correlación 600 imágenes			
Medida oficial más reciente (fuente: Sidonie & USNO)							
Época		Theta		Rho			
2005,103		12,6		0,232			

Figura 12

AUTOR	P	n	T	a	e	i	o	w
SCARDIA 85	54,525	6,60251	1937,402	0,2	0,6882	32,44	26,41	190,65

Tabla 8. Elementos orbitales para HU 304.

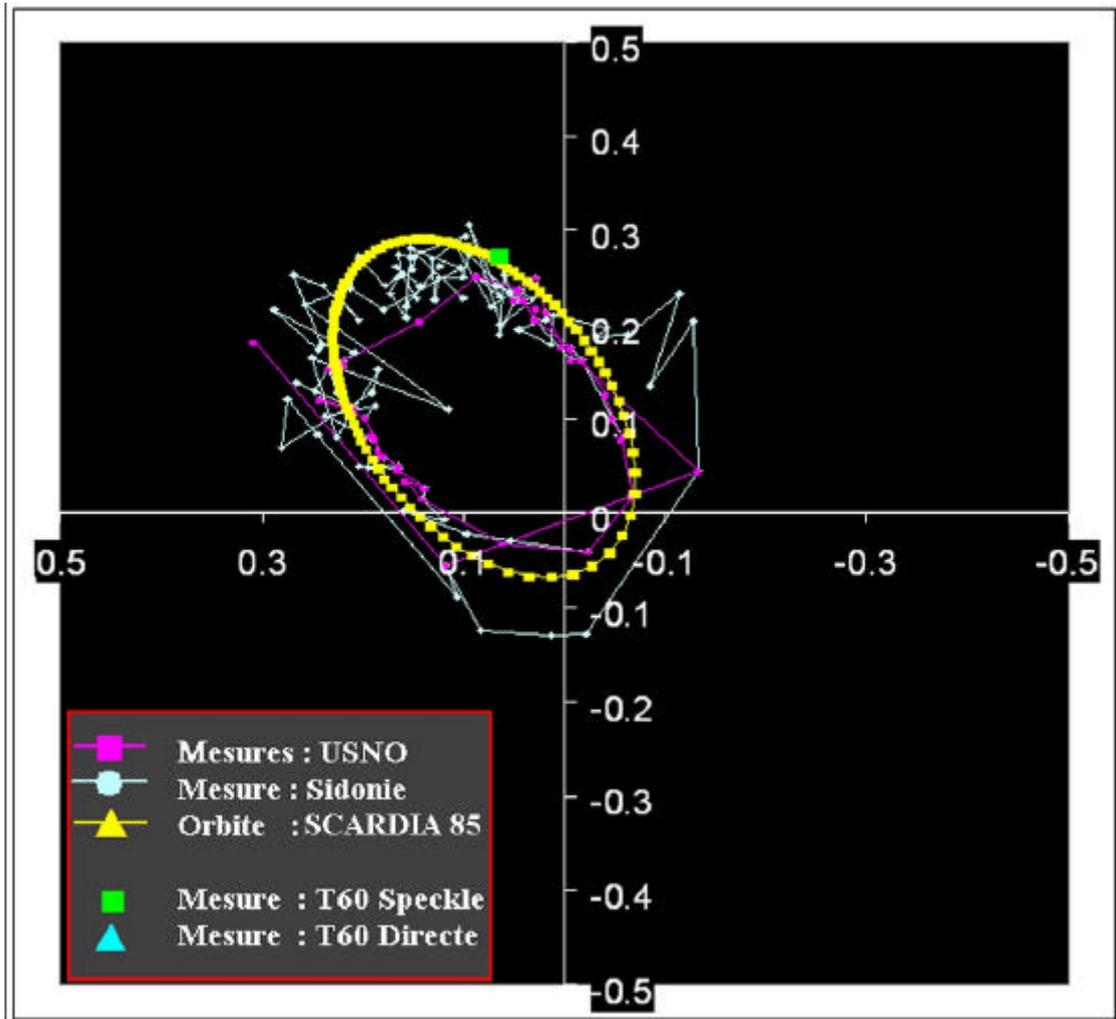
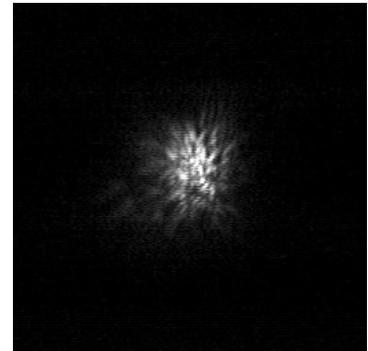
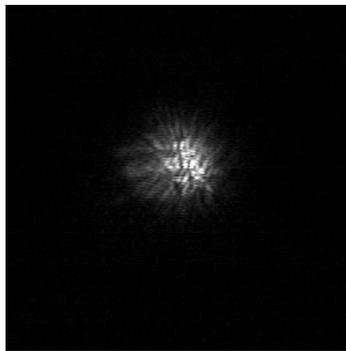
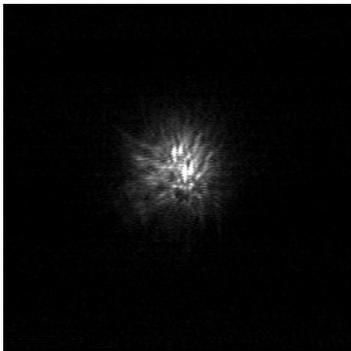
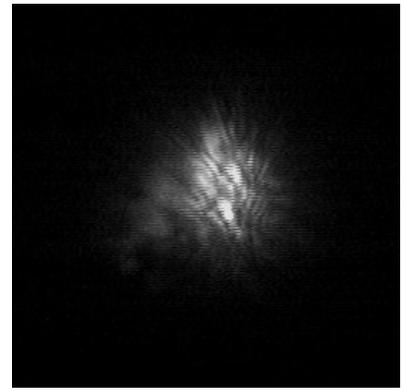
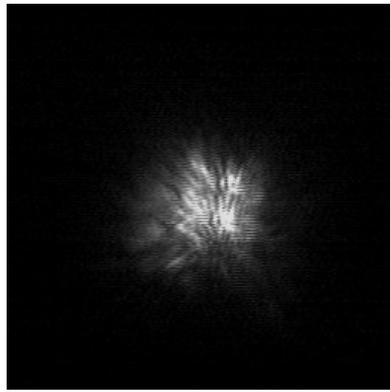
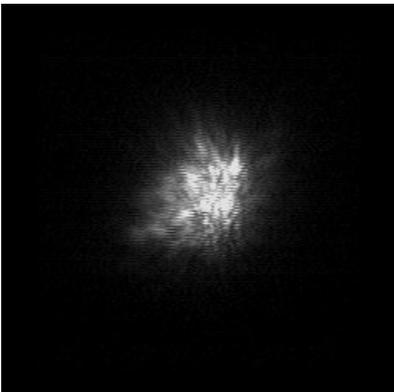


Figura 13. HU 304. Norte arriba. Medida directa no disponible.



STF333AB



STF2909AB

Figura 14

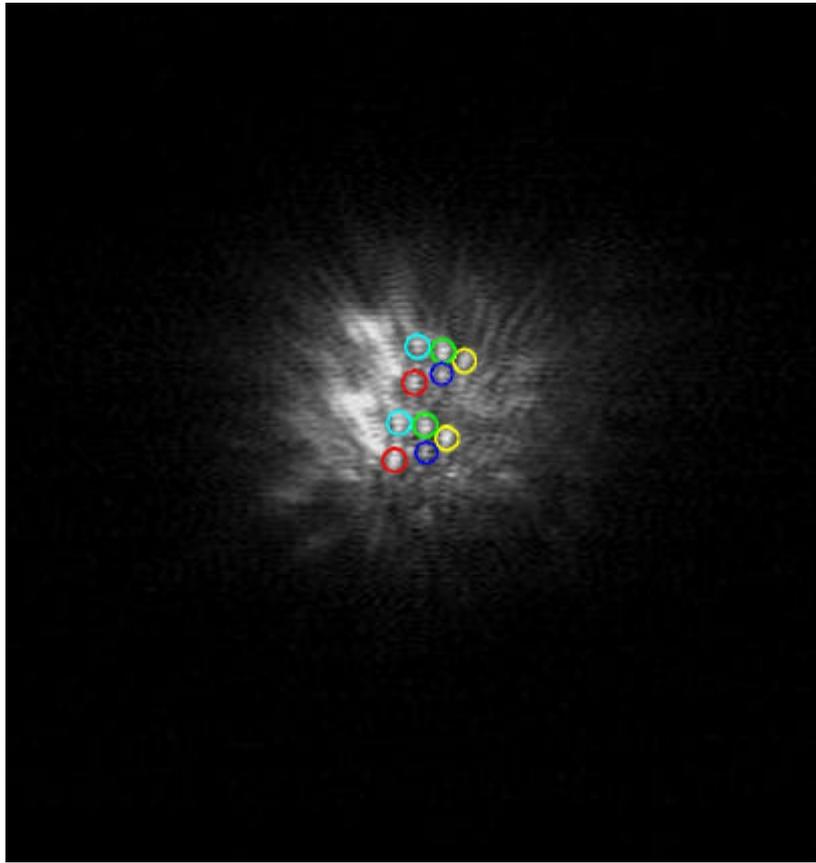
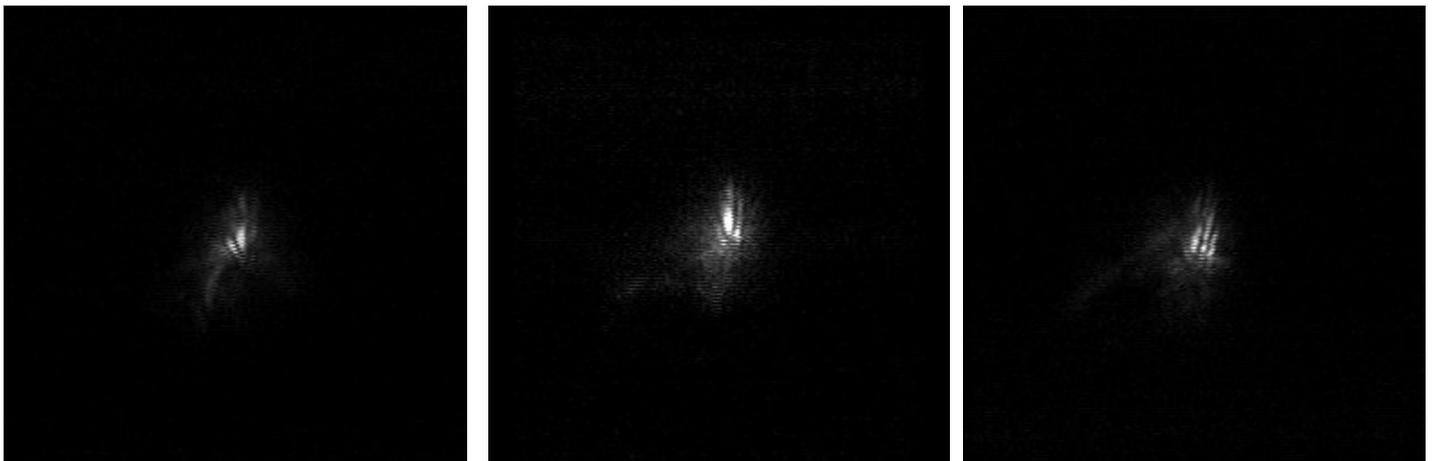


Figura 15



STF652

Figura 16

ción gaussiana y, si el algoritmo no convergía, vía la determinación del centro de gravedad del pico de correlación.

El ensanchamiento del pico ha impedido en ciertos casos (para las estrellas muy próximas, típicamente menos de 0,2"), establecer una medida sin ambigüedad. Fue el caso de cuatro estrellas sobre las 44 observadas.

En los casos donde la relación señal/ruido era insuficiente sobre la medida de la correlación, fue necesario trabajar con un número más importante de imágenes (hasta 1800, es decir, tres secuencias de 600 imágenes). Esto se interpreta a la vez como consecuencia del límite de magnitud, pero más particularmente por una distorsión pronunciada debida a una fuerte turbulencia atmosférica local.

Si hacemos una comparación burda del método de lectura directa de la posición, con relación al punto de vista del estudio de la correlación, podemos sacar la conclusión de que hay una cierta ventaja a favor de este último método. En efecto, la totalidad de las medidas ha podido ser efectuada por el análisis de la correlación, mientras que los vídeos que contenían un gran número de speckles que no pudieron ser disociados, impidieron la medida directa (17 estrellas no medidas por lectura directa). Podemos ver sobre el ejemplo de STF333AB y STF2909 que los speckles hacen imposible la determinación de la posición de los centroides de las estrellas estudiadas (Figura 14).

La *cros-correlación* permite estudiar en particular la presencia de las similitudes que corresponden a la imagen de la pareja fuera de la turbulencia, reproducida un cierto número de veces sobre la misma imagen por la distorsión de la turbulencia (Figura 15).

Los círculos de colores idénticos reproducen la imagen única de la pareja, que la turbulencia, actuando como un sistema de deformación óptica, reproduce en varios ejemplares. Este fenómeno induce, en particular, una incertidumbre notable sobre la separación, pero también sobre los ángulos que medimos sobre una única imagen. Observemos el caso de STF 652, para el cual la turbulencia provoca un fenómeno de interferencia local, haciendo imposible un análisis de posición coherente de una imagen con la siguiente (Figura 16).

Conclusiones

En el curso de esta misión la meteorología nos permitió trabajar con un total de 47 estrellas, aunque tres pares de la selección de partida fueron rechazados por razones de altura sobre el horizonte y porque, después del examen de las posiciones, parecían fuera de las condiciones defi-

nidas para las medidas en el libro de Paul Couteau [1]. En resumen, 44 estrellas se revelaron como verdaderamente explotables. Una constatación personal sobre el método de examen actualmente utilizado: aunque la adquisición es rápida (en una próxima misión, con condiciones favorables de meteorología, puede ser factible, fácilmente, doblar o incluso triplicar el número de estrellas estudiadas), el tratamiento actual de reducción es largo y fastidioso (cerca de dos meses para completar el escrutinio).

Un aspecto sobre el que profundizar es el de la utilización de un procedimiento de tipo "ajuste gaussiano" para determinar posición del pico de máxima correlación; otros métodos, posiblemente, serían más apropiados y más precisos para la medida de esta posición. Otra de las perspectivas que hay que contemplar es que sería interesante acoplar el análisis interferométrico a un análisis espectral, con el fin de completar el estudio de una estrella doble cerrada en tres dimensiones. No es descartable que en un futuro, ataquemos el frente espectroscópico.

Otra cuestión que también cabe plantearse es: ¿hasta qué límite de separación podemos llegar utilizando este método? Podemos intuitivamente pensar en alcanzar el umbral de separación teórica de T60 (con una longitud de onda de 0,55 micras es de 0,23 segundos), pero ciertas medidas parecen mostrar que se puede todavía descender por debajo de este valor aumentando la escala de placa. Quizás una futura misión nos lo confirme.

Agradecimientos

Esta misión se realizó en el marco de la asociación AT60 (<http://www.astrosurf.com/t60/>), que administra el telescopio amateur del observatorio astronómico del Pic du Midi.

En este trabajo se ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog*, el *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars* y el *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*, mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO). ©

Referencias

[1] Couteau, P., *L'observation des étoiles doubles visuelles*, Flammarion, Paris, 1978.

El presente artículo ha sido traducido del francés por Edgardo Rubén Masa Martín.

Nueva binaria de alto movimiento propio común en posición 01h 22m 50,295s +00° 42' 43,4''

New binary with high proper motion at 01h 22m 50.295s +00° 42' 43.4''

 por *Francisco M. Rica Romero*

Agrupación Astronómica de Mérida · Coordinador de la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA · frica0@terra.es

En sus trabajos rutinarios sobre estrellas dobles, los astrónomos aficionados encuentran, frecuentemente, pares no catalogados. A veces, las características de estas nuevas estrellas dobles muestran claras evidencias de tener relación física. El autor realiza un completo estudio de un par descubierto recientemente por Rafael Caballero. Los resultados indican que este par es un fuerte candidato a sistema binario.

The amateur astronomers while working routinely on double stars, often, find pairs which are not catalogued. Same times, these new double stars' characteristics show clear evidence of physical relationship. The author makes a deep study of a pair found out recently by Rafael Caballero. The results indicate that this pair is a strong binary-system candidate.

Introducción

En los últimos años los amateurs estamos contribuyendo a incrementar el número de binarias existentes. Un nuevo ejemplo de ello es el artículo que presentamos. En el que damos a conocer una nueva binaria de alto movimiento propio común no catalogada y descubierta por el amateur español Rafael Caballero. Es un orgullo y un aliciente para los doblistas amateurs españoles y en general para todos los hispanohablantes, tener a Rafael Caballero entre nosotros quien, a pesar de entrar en este campo observacional hace relativamente poco, apunta unas maneras extraordinarias y de ello dan fe los numerosos e interesantes descubrimientos de nuevas binarias que está realizando.

En este trabajo consultaremos la literatura profesional en busca de todo aquello que se conoce sobre las componentes de esta nueva binaria. Estudiaremos los datos fotométricos, astrométricos y cinemáticos principalmente para determinar los parámetros astrofísicos de las componentes. También analizaremos los movimientos relativos para determinar si estamos ante una doble óptica o física.

Literatura profesional

Cuando realizamos un estudio de este tipo es importante consultar todo lo que los astrofísicos conocen acerca de cada una de las estrellas que componen el sistema. Los amateurs tenemos acceso a una herramienta web a la que recurren muchos profesionales. Se trata de las herramientas *on-line* facilitadas por el Centro de Datos Estelares de Estrasburgo (CDS), en <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>. Para obtener los datos fotométricos B y V en el óptico y J, H y K en el in-

frarrojo consultamos los catálogos Tycho-2 (Hog *et al.* 2000) y Two Micron All Sky Survey (Cutri *et al.* 2000; de aquí en adelante 2MASS). Los movimientos propios proceden de diversos catálogos (Tycho-2, UCAC2 (Zacharias *et al.* 2004) y USNO-B1.0 (Monet *et al.* 2003)). Estos datos junto con la astrometría relativa (mediciones de theta y rho) realizada por los miembros de la LIADA, permiten obtener todo tipo de datos astrofísicos para clasificar y caracterizar esta binaria. Y todo ello gracias a la impagable asistencia que nos ofrece Internet y las herramientas informáticas en general. Detalles sobre cómo obtenemos los espectros y demás características astrofísicas fueron publicados por Rica (2005).

Mientras que la brillante componente primaria ha sido estudiada con cierto detalle por ciertos equipos de astrofísicos, la débil componente B casi no ha recibido atención de ningún astrónomo al encontrarse casi oculta tras el enorme brillo de su compañera. El motivo de interés que despierta la primaria es su naturaleza variable (del tipo RS CVn), su elevado movimiento propio y su cercanía a nosotros. La literatura profesional apenas muestra datos para la secundaria y, de hecho, es la primera vez que se estiman sus magnitudes absolutas, distancias y tipos espectrales.

Fotometría

La componente primaria es una brillante estrella variable que fue observada por el satélite Hipparcos en torno al año 1991, obteniendo datos valiosos para su posterior estudio. Además de la magnitud $V = 8,26$, obtuvo colores $B - V = +0,706 \pm 0,007$ y $V - I = +0,76 \pm 0,01$. Otras fuentes fotométricas más antiguas listan $V = 8,29$, $B - V = 0,72$ y $U - B = 0,17$ (Fouts & Sandage 1986). El catálogo 2MASS lista la fotometría en el infrarrojo



Imagen 1. En el centro de la imagen se aprecia la desequilibrada binaria descubierta por Rafael Caballero. Esta imagen ha sido obtenida por Rafael Benavides y es el resultado de seleccionar el 40% de los mejores *frames* tomados con un telescopio C11 usando una CCD Atik 16HR trabajando a foco primario, con una resolución 0,5"/pixel.

en bandas J, H y K = (6,76-6,33- 6,20) y (10,52-9,92-9,69). Ni los catálogos USNO-B1.0 ni el GSC-II catalogan a la componente secundaria. En este sentido, resultó muy valiosa la fotometría aportada por el catálogo CMC14 para la componente secundaria. La débil secundaria cuenta con poca información ya que los astrofísicos profesionales no se percataron de su interés astrofísico. Usando la magnitud r' del Carlsberg Meridian Catalog Number 14 (CMC 2006, de aquí en adelante CMC14) y la fotometría JHK del 2MASS, determiné la magnitud V para la secundaria usando la siguiente relación (John Greaves, comunicación privada):

$$V = 0,6(J - K) + r'_{\text{CMT}} - 0,03$$

Greaves usó un gran número de magnitudes V procedentes del catálogo "*UBVRI photometry of faint field stars*" (Skiff, 2007) y las cruzó con las estrellas del CMC14 representando en una gráfica los colores (V- r'_{CMT}) y (J - Ks). La expresión (1) sólo es válida en el rango (-0,2 < J - K < 1,2) y (9 < r'_{CMT} < 14). La desviación estándar para V calculado de esta forma es de sólo 0,06 magnitudes. Para la componente secundaria estimé una magnitud V de 13,52. Si bien en un principio la falta de datos fotométricos y astrométricos para B nos hizo pensar que nada podríamos conocer de

este estrella, finalmente la determinación del movimiento propio de B y el valor estimado de V, junto con la fotometría 2MASS, nos permitió obtener estimaciones del su tipo espectral.

Movimientos propios

La componente primaria tiene un elevado movimiento propio de $m(a) = -111,1 \pm 0,9 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$ y $m(d) = -239,6 \pm 1 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$ procedente del catálogo Tycho-2 (Hog *et al.* 2000). El movimiento propio para la secundaria no aparece en la literatura astronómica y por tanto es desconocido, si bien Rafael Caballero observó que parecía moverse a la misma velocidad que su brillante compañera. Ante esta situación los aficionados podemos calcular el movimiento propio mediante la medición de varias placas fotográficas (disponibles en Internet en libre acceso) tomadas en épocas distantes varias décadas. Pero en este artículo empleamos un método distinto. Primero calcularemos la astrometría de B relativa a A usando esas placas fotográficas. Posteriormente, calculamos el movimiento propio de B por medio del movimiento propio de A y del movimiento relativo del sistema. Si se dispone de gran cantidad de mediciones repartidas en un amplio intervalo de tiempo, este método puede ser más preciso que los mejores catálogos astrométricos (incluso mejor que la información incluida en el Tycho-2 y en el Hipparcos). Medimos 8 imágenes con fechas entre 1954 y

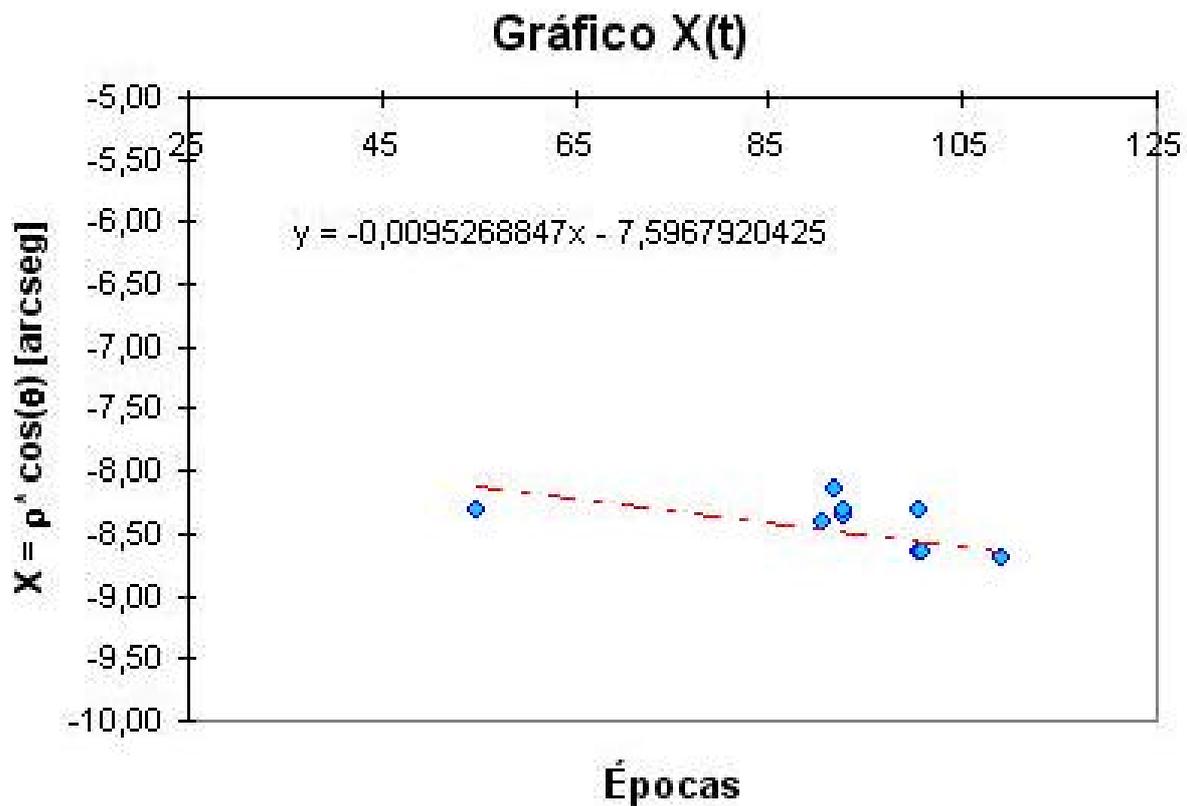


Figura 2. Velocidad relativa aparente de la componente B con respecto a A (para el eje X, Ascensión recta). Los puntos rellenos en azul corresponden con las observaciones realizadas. El ajuste línea se muestra como una línea discontinua en rojo. La expresión matemática de este ajuste lineal aparece en la parte superior del gráfico. El eje X muestra la época de la observación en la forma *Época - 1900*.

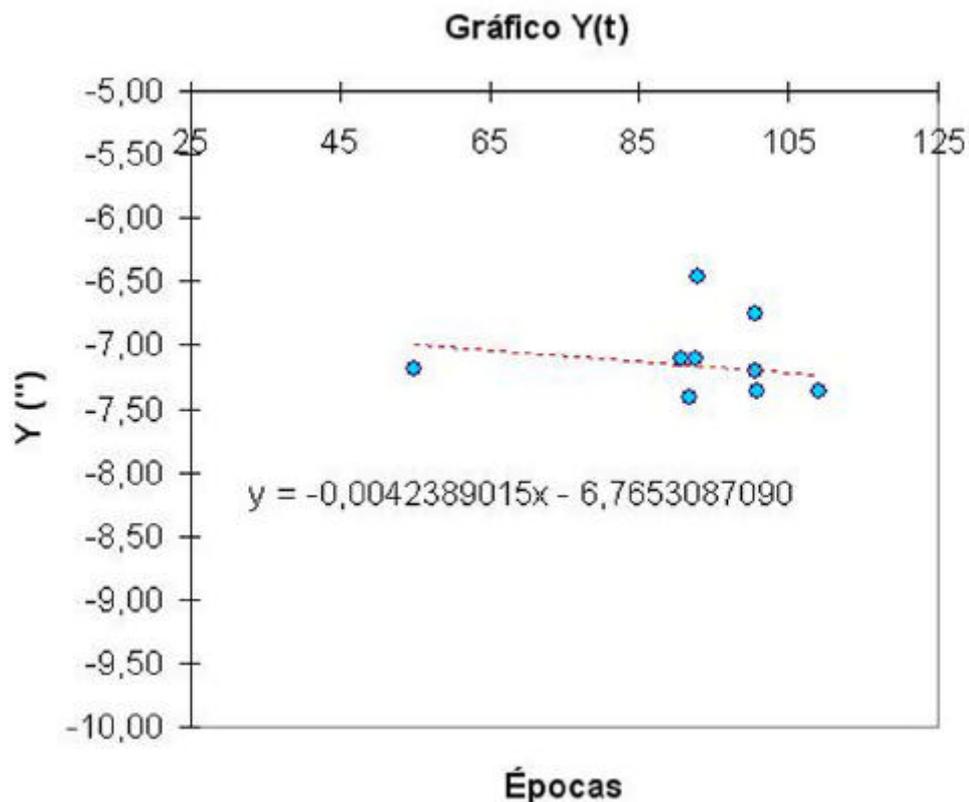


Figura 3. Velocidad relativa aparente de la componente B con respecto a A (para el eje Y, Declinación). Los puntos rellenos en azul corresponden con las observaciones realizadas. El ajuste línea se muestra como una línea discontinua en rojo. La expresión matemática de este ajuste lineal aparece en la parte superior del gráfico. El eje X muestra la época de la observación en la forma *Época - 1900*.

2000 (5 del Digitized Sky Survey, 1 del DENIS, 1 del SuperCosmos, 1 del proyecto 2MASS), todas ellas extraídas de *surveys* profesionales. A este material hay que sumar la medición realizada por Rafael Benavides obtenida en base a 6 imágenes CCD capturadas con un telescopio de 0,28 metros de diámetro y usando una cámara CCD Atik 16HR que, trabajando a foco primario, procuró una resolución 0,5"/píxel (ver Figura 1). El movimiento de B relativo a A (Figuras 2 y 3) resultó ser de $\Delta x = -9,5 \pm 3,0 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$ y $\Delta y = -4,2 \pm 5,2 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$ y por tanto el movimiento propio de B es de:

$$\mu(\alpha) = -120,6 \pm 3,1 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1} \text{ y } \mu(\delta) = -243,8 \pm 5,4 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$$

Magnitud absoluta y distancias

La componente primaria fue observada por el satélite Hipparcos y calculó una paralaje trigonométrica de $15,2 \pm 0,96$. Este valor corresponde a una distancia de unos $65,7 \pm 4,1 \text{ pc}$. Para la componente secundaria usamos varias referencias profesionales para calcular la magnitud absoluta, M_v :

- En base a la fotometría V - J, V - H y V - K (Henry *et al.* 1997) se obtuvo una magnitud absoluta de $+9,32 \pm 0,06$.
- En base a los colores V-J, V-H y V-K (Henry *et al.* 2004) se obtuvo magnitud absoluta M_k de $+5,60 \pm 0,08$. Calculamos un valor M_v , usando el color V-K, de $+9,43 \pm 0,10$.
- Debemos tener en cuenta el efecto que la edad de las estrellas tiene sobre la magnitud absoluta. Así, varias estrellas enanas con los mismos colores fotométricos podrían tener magnitudes absolutas distintas por más de una magnitud o incluso 1,5 magnitudes debido al efecto de la edad. Este dato cambia de forma muy importante la distancia a la que se encuentra la estrella y así todas sus propiedades astrofísicas. Legget (1992) obtuvo tablas que relacionaban las magnitudes absolutas con los colores según la población estelar a la que pertenezca la estrella (disco joven, disco viejo y halo galáctico). El problema está en determinar a qué población pertenecen las componentes de esta binaria. Según nuestro estudio lo más probable es que pertenezcan al disco viejo, por lo tanto utilizamos las relaciones para esta población. La magnitud absoluta M_k obtenida fue de $+5,65$.

En base a la fotometría aparente y absoluta calculamos una distancia para la componente secundaria de $66,4 \pm 3,8 \text{ pc}$ y por tanto situada a la misma distancia que la componente principal ($65,7 \pm 4,1 \text{ pc}$).

Estimación del tipo espectral y de la clase de luminosidad

El análisis de la fotometría es fundamental no sólo para el estudio de las estrellas dobles sino también para cualquier objeto astronómico. A

través de la literatura astronómica profesional obtenemos: (1) la fotometría óptica (bandas B, V e I) procedentes de los catálogos Hipparcos y Tycho-2 principalmente; (2) la fotometría infrarroja (bandas J, H y K) procedente del proyecto 2MASS. Estos datos son convertidos a unidades de energía absoluta para obtener la distribución de energía observada, la cual será comparada con los modelos teóricos derivados por los profesionales. El uso combinado de la fotometría junto con el movimiento propio (obtenido de catálogos como el Tycho-2, el UCAC-2 o USNO-B1.0 principalmente) de las componentes nos permite obtener con bastante precisión su tipo espectral y la clase de luminosidad.

Para ello usamos diagramas de doble color J - H contra H - K y varias tablas que relacionan la fotometría multibanda con el tipo espectral [tablas como las publicadas por Bessell & Brett (1988) y Kron & Roach (1988)]. También usamos varias tablas procedentes del libro *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics* de Cambridge University Press.

Igualmente, es muy útil una herramienta poco conocida, llamada diagrama de movimiento propio reducido (MPR). Nuestro grupo de la LIA-DA dispone de varios de estos diagramas (Jones, 1972; Nelson *et al.*, 2003; Salim & Gould, 2002). Estos diagramas reciben como entrada el movimiento propio de la estrella y la magnitud aparente, parámetros que están relacionados con la magnitud absoluta y la velocidad espacial en km/s, permitiendo así diferenciar en muchas ocasiones entre enanas, gigantes, enanas blancas y subgigantes.

Nuestro estudio de la precisión alcanzada indica diferencias espectrales medias -con respecto a los resultados profesionales- de una subclase espectral.

Para determinar los tipos espectrales y las clases de luminosidad de la primaria usamos la fotometría VJHK del Hipparcos y del 2MASS así como el movimiento propio del Tycho-2. Para la secundaria se utilizó la fotometría JHK, la magnitud V deducida de los colores JHK y la magnitud r' del catálogo CMC14. El movimiento propio fue calculado por nosotros (ver sección anterior). Obtuvimos unos tipos espectrales de K0V y M0,5V para la primaria y secundaria respectivamente.

Las variables del tipo RS CVn. Esta clase de variables fue definida por Hall (1976). Se sabe que se trata de binarias jóvenes muy activas cromosféricamente y con manchas solares en su fotosfera. Puede contener como componentes a estrellas gigantes, subgigantes o enanas del tipo espectrales F-K. La elevada actividad cromosférica parece que es producida por la profunda zona de convección estelar y por la rápida rotación de las estrellas.

La componente primaria es conocida también como BI Cet, y es una estrella variable del tipo RS CVn descubierta en 1984. Tiene un periodo de 0,516 días y muestra variabilidad fotométrica de 0,1-0,2 magnitudes debida a grandes manchas en la fotosfera. BI Cet es inusual para ser una RS CVn, ya que su cinemática indica que estamos ante una estrella vieja, lo que contradice la juventud que se deduce para estrellas activas cromosféricamente. Quizá eso hizo que la distribución espectral de energía para esta estrella fuera anómala. Por tanto el tipo espectral obtenido para la primaria en este estudio debe ser tomado con cautela. En la literatura profesional indican tipo espectral G0. Este tipo de variables suelen ser binarias. Si consideramos que la diferencia entre ambas componentes de esta variable es 0, estaríamos ante una binaria no resuelta de espectros G4V+G4V, teniendo en cuenta los datos del Hipparcos. Esto coincidiría, dentro de los márgenes de error, con la clasificación G5Ve+G5Ve dada por Bopp *et al.* (1985).

La magnitud V para la secundaria ha sido deducida a través de los colores JHK y la magnitud r' del catálogo CMC14, y debe ser confirmada ya que los colores infrarrojos son poco sensibles a la temperatura para estrellas enanas MO-M4 (es decir, tienen casi el mismo color J-K).

Enrojecimiento interestelar

Cuando estudiamos objetos lejanos o próximos a la Vía Láctea, es necesario corregir sus datos astrofísicos del efecto del enrojecimiento interestelar. El polvo cósmico hace que un porcentaje de ciertas longitudes de onda sean absorbidas por este polvo, causando que las estrellas parezcan más rojas de lo que realmente son.

Aunque nuestra binaria está bien lejos del plano de la Vía Láctea (61,2° Sur), se calculó el enrojecimiento para ver si era necesario tener en cuenta su efecto. Para ello se utilizó el mapa de Schlegel, Finkbeiner, & Davis (1998) a través de la web:

<http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/DUST/>

que calcula automáticamente el enrojecimiento para unas coordenadas AR y DEC determinadas. Pero esta web facilita el enrojecimiento en el color B - V (expresado como E(B - V)) en la línea de visión, es decir, para una distancia infinita (o mejor dicho para un objeto extragaláctico en la dirección galáctica dada). Por tanto, se hace necesario escalar este enrojecimiento para la distancia que nos separa de la estrella.

Este escalado se hace usando dos referencias (Anthony-Twarog & Twarog, 1994; van Herk (1965)) que dan dos valores independientes. Para esta binaria obtuvimos un E(B - V) = 0,01 ($A_v = 0,04$) y por tanto podemos despreciar su efecto.

Velocidad espacial y población estelar

Todas las estrellas poseen un movimiento o velocidad espacial con respecto a nuestro Sol. Desde nuestra posición podemos conocer la proyección de esta velocidad sobre la bóveda celeste. Esta proyección se corresponde con el movimiento propio de la estrella medido en arcseg/año o en km/s (si conocemos la distancia que nos separa de la estrella). Esta componente de la velocidad es llamada velocidad tangencial (V_{TAN}). Para calcular el movimiento espacial total es necesario conocer también la velocidad radial (que es el movimiento espacial en la dirección de nuestra línea de visión). Actualmente sólo se conoce la velocidad radial de las estrellas más brillantes y afortunadamente la componente primaria con su magnitud $V = 8,26$ es lo suficientemente brillante como para haber atraído la atención de varios grupos de astrofísicos. En la Tabla 1 mostramos los diferentes valores de velocidad radial publicados en la literatura astronómica.

TABLA 1. VELOCIDADES RADIALES PARA LA COMPONENTE PRIMARIA

VELOCIDAD RADIAL (KM/S)	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
-82,8	Bernard <i>et al.</i> (1985) [1]
-68,8 ± 4,7	Fouts & Sandage (1986) [2]
-79,5	Carney & Latham (1987) [3]
-88,2 ± 4,3	Carney <i>et al.</i> (1994)
-87,1 ± 4,4	Gontcharov (2006)

[1] Velocidad radial para el centro de masas del sistema binario BI Cet
 [2] BI Cet está incluida en una lista de candidatas a subenanas
 [3] Listada como una binaria espectroscópica. Por ese motivo el rango de velocidades radiales medidas fue de 137 km/s.

Partiendo de los datos observacionales conocidos (movimientos propios, velocidad radial y distancia fotométrica) se calculó, para la primaria, una velocidad tangencial de 116,8 km/s y una velocidad galactocéntrica (U;V;W) = (+93,7; -61,3; +33,1) km/s. Para calcularla se utilizó la velocidad radial obtenida por Bernad *et al.* (1985) ya que es la velocidad radial del centro de masas del sistema binario BI Cet. De acuerdo con los diagramas de Eggen (1969a, 1969b) estamos ante un sistema estelar de la población del disco viejo. Grenon (1987) definió un parámetro de edad cinemática, fG . Se obtuvo un valor de 0,49 para fG , lo que corresponde con una población del disco grueso de una edad superior a los 10 Giga-años.

Tiempo de vida sobre la secuencia principal

La duración de la vida de una estrella sobre la secuencia principal es inversamente proporcional a la masa de ésta. El Sol se calcula que permanecerá en la secuencia principal 10^{10} años (10 Giga-años). En este trabajo calculamos el tiempo que la componente principal (y también la componente secundaria, ya que ambas se formaron juntas) permanece en la secuencia principal. Para ello usamos la relación

$$t_{SP} = M_{\odot}^{-2.5} t_{SP}(\text{Sol})$$

donde t_{SP} es el tiempo de permanencia sobre la secuencia principal y $t_{SP}(\text{Sol})$ es el tiempo de permanencia del Sol. La componente primaria (= BI Cet) es un sistema binario no resuelto compuesto por estrellas de espectros G5V+G5V. Para una estrella de espectro G5V calculamos una masa de $0,97 M_{\odot}$ lo que corresponde con un $t_{SP} = 10,8$ Giga-años. Si este dato lo enlazamos con la estimación de la edad cinemática, entonces quizá la primaria esté al final de su vida sobre la secuencia principal, siempre y cuando la binaria BI Cet no haya influenciado en la evolución estelar de las componentes, cosa que suele suceder en binarias cerradas.

Mediciones

Realizamos en total 9 mediciones astrométricas utilizando placas del Digitized Sky Survey (DSS), SuperCosmos Sky Survey (SCSS) y de proyecto DENIS. Además empleamos el catálogo 2MASS para obtener una astrometría con época 2000,628. Rafael Benavides realizó una medición en 2009,044. Rafael empleó un telescopio de 0,28 metros usando una CCD Atik 16HR trabajando a foco primario, con una resolución 0,5"/píxel. Se tomaron numerosas imágenes de las que solo se utilizaron las mejores. Para realizar las mediciones se recurrió al software REDUC desarrollado por el amateur francés Florent Losse. Las mediciones se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. ASTROMETRÍA RELATIVA			
ÉPOCA	THETA ["]	RHO ["]	NOTA
1954,828	229,1	10,98	DSS
1990,638	229,8	11,00	DSS
1991,750	227,7	11,02	DSS
1992,677	229,6	10,96	DSS
1992,792	232,1	10,53	DSS
2000,628	230,2	11,25	2MASS
2000,672	230,9	10,72	DENIS
2000,725	229,6	11,37	SCSS
2009,044	229,8	11,41	BVD

Estudio de su naturaleza

El elevado movimiento propio común y la igualdad de las paralajes fotométricas, dentro de los márgenes de error, son dos evidencias que casi aseguran la relación física de ambas estrellas. Pero es necesario confirmar su naturaleza física por otros tests.

Un dato fundamental es el movimiento relativo de la secundaria con respecto a la primaria. Las mediciones obtenidas en este trabajo fueron representadas en una gráfica que mostraba la variación de $X (= \rho \cos[\theta])$ e $Y (= \rho \sin[\theta])$ con respecto al tiempo (Figuras 2 y 3). La línea base es de 54,216 años. La velocidad relativa de B con respecto a A resultó ser de $\Delta x = -9,5 \pm 3,0 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$ (en ascensión recta) y $\Delta y = -4,2 \pm 5,2 \text{ mas}\cdot\text{año}^{-1}$ (en declinación).

Los datos fotométricos, astrométricos y cinemáticos fueron analizados usando varios criterios para clasificar a esta pareja de estrellas según su naturaleza. Los criterios usados indican que seguramente la naturaleza de esta doble sea física. El semieje mayor esperado calculado resultó ser de 950 UA (= $13,85''$). Este semieje mayor esperado fue calculado en base a la expresión determinada por Fischer & Marcy (1992). Su posible período orbital varía en función del método usado. Podría ser de ~23.000 años (usando 3ª Ley de Kepler y asumiendo órbita circular y de cara a nosotros) o de ~35.000 años (usando la fórmula de Paul Couteau). Otra forma de estimar su posible período orbital es utilizar la variación de Theta. El ajuste lineal de las mediciones nos dice que el valor de Theta para esta binaria apenas ha aumentado $0,83^{\circ}$ en 54,216 años. Si este movimiento angular coincidiera con el movimiento orbital medio, entonces el período orbital sería de unos ~23.500 años.

Agradecimientos

Esta investigación ha hecho uso de los datos ofrecidos por Two Micron All Sky Survey, un proyecto conjunto de University of Massachusetts y el Infrared Processing and Analysis Center/ California Institute of Technology, fundado por la National Aeronautics and Space Administration y la National Science Foundation.

Esta investigación ha hecho uso del Digitized Sky Survey (DSS) que fue producido por Space Telescope Science Institute. Las imágenes de estos surveys están basadas en datos fotográficos obtenidos usando el Oschin Schmidt Telescopio sobre Palomar Mountain y el UK Schmidt Telescopio. Las placas fueron procesadas a su actual formato digital comprimido con el permiso de esas instituciones. Sitio Web: <http://stdatu.stsci.edu/dss/>

La minería de datos requerida para este

trabajo ha sido posible con el uso de la base de datos astronómicos SIMBAD y el servicio de catálogos astronómicos VIZIER, ambos mantenidos por el Center de Données Astronomiques de Strasbourg (<http://cdsweb.u-strasbg.fr/>).

Esta investigación ha hecho uso del Washington Double Star Catalog, UCAC2 y USNO-B1.0 mantenidos por el U.S. Naval Observatory (USNO). ©

Referencias

Anthony-Twarog B. J., Twarog, B. A., 1994, *AJ*, 107, 1577
Bernard W. B. *et al.*, 1985, *ApJ*, 297, 691
Bessell, M. S. & Brett, J. M., 1988, *PASP*, 100, 1134
Bopp, B. W. *et al.*, 1985, *ApJ*, 297, 691
Carney, B. W. & Latham D. W., 1987, 93, 116
Carney, B. W., Latham, D. W., Laird, J. B. & Aguilar, L. A., 1994, *AJ*, 107, 2240
Cutri, R.N. *et al.*, Explanatory to the 2MASS Second Incremental Data Release, 2000, <http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/second/index.html>

Eggen, O.J., 1969a, *PASP*, 81, 741
Eggen, O.J., 1969b, *PASP*, 81, 553
Fischer, D. A. & Marcy, G. W., 1992, *AJ*, 396, 178
Fouts, G., & Sandage, A., 1986, *AJ*, 91, 1189
Gontcharov, G.A., 2006, *PAZh*, 32, 844
Grenon, M. 1987, *JAp&A*, 8, 123
Henry, T.J., Philip, A. I., Kirkpatrick, J.D., Jahress, H., 1997, *AJ*, 114, 388
Henry, T.J. *et al.*, 2004, *AJ*, 128, 2460
Hog, E. *et al.*, 2000, *AJ*, 335, 27
Jones, E. M., 1972, *AJ*, 173, 671
Kron, G. E. & Roach, F. E., 1988, *PASP*, 100, 90
Legget, S.K., 1992, *ApJSS*, 82, 351
Monet, D.G., Levine, S.E., Casian, B., *et al.*, 2003, *AJ*, 125, 984
Nelson, C. A. *et al.*, 2002, *ApJ*, 573, 644
Rica, F., 2005, *JDSO*, 1, 24
Salim, S. & Gould, A., 2002, *ApJ*, 575, 83
Schlegel, D. J., Finkbeiner, D. P. & Davis, M., 1998, *ApJ*, 500, 525
Urban, S.E., Corbin, T.E., Wycoff, G.L., Hoeg, E., Fabricius, C., Makarov, V.V., 1998, *AJ*, 115, 1212
van Herk, G., 1965, *Bull. Astron. Inst. Netherlands*, 18, 71
Zacharias, N. *et al.*, 2004, *AJ*, 127, 3043

**II ENCUENTRO DE OBSERVADORES
DE ESTRELLAS DOBLES
2000-2010**

información actualizada
www.oagarraf.net
inscripciones y reservas
info@oagarraf.net

**23-24 de octubre 2010
Olivella (Barcelona)
Organiza: Observatori Astronòmic del Garraf (OAG)**

Medida de estrellas dobles con Atik 16HR

Double Stars Measurements with Atik 16HR Camera

por *Rafael Benavides Palencia*

Agrupación Astronómica de Córdoba, España · Observatorio Posadas MPC J53 · rafaelbenpal@gmail.com

En este trabajo se publican las medidas de 69 estrellas dobles, 49 de ellas incluidas en los listados de "Neglected Double Star" del Washington Double Star Catalog. Además, se presentan 2 nuevas parejas con posibilidades de compartir alguna relación física.

In this article 69 measures of double stars are presented, 49 of them are listed as Neglected Double Stars in the Washington Double Star Catalog. In addition, 2 new couples are published with probable physical relationship.

Introducción

Hace dos años filtré el Washington Double Star Catalog (WDS) para confeccionar un programa observacional propio con estrellas separadas por una distancia menor de 15" y no observadas desde antes de 1991, de este modo evitaba medir estrellas incluidas en el catálogo Tycho que tanta precisión aportó a la medida de estrellas dobles. Al final resultó un listado con 14016 sistemas, muchos de ellos fuera del alcance de mi equipo, bien por sus parámetros o por su declinación demasiado al sur. A partir de ese día, este ha sido mi propio programa observacional. Desde entonces, algunas de ellas han sido actualizadas por el WDS, ya que una ingente cantidad de observaciones realizadas por amateurs se han centrado especialmente en este tipo de sistemas. Aunque, desde luego, sí podemos decir que todas ellas han sido estrellas poco observadas.

Configuración de equipo

El telescopio usado ha sido un Celestron 11 (Schmidt-Cassegrain 280 mm F10) sobre montura computerizada Losmandy G-11. Todo el equipo se encuentra protegido en una caseta de techo abatible en la azotea del edificio donde resido, que constituye el Observatorio Posadas con código del Minor Planet Center J53. El sistema GoTo es muy preciso, centrando cada sistema doble en el campo de la CCD sin ningún problema, no haciendo necesario el uso de telescopio guía o flip-mirror.

La cámara CCD es la Atik 16 HR, equipada con el sensor de Sony ICX-285 AL que tiene un tamaño de 10,2 mm x 8,3 mm y un tamaño de píxel 6,45 μm x 6,45 μm .

Adquisición y medida de imágenes

Para la identificación y búsqueda de cada sistema doble fue de una gran ayuda el programa informático Guide 8.0, el cual incluye estrellas hasta la magnitud 15, haciendo esta tarea mucho más fácil. Todas las imágenes fueron tomadas a foco primario, generalmente en binning 1x1, aunque para las parejas más separadas también utilicé binning 2x2, con exposiciones generalmente de 1 segundo. A pesar del poco ruido térmico de este sensor, todas ellas fueron tratadas con tomas oscuras o darks. Estas son las características principales en las imágenes para cada modo de binning.

Binning	Resolución/ píxel	Campo imagen (minutos de arco)	Tamaño Imagen (píxeles)
1x1	0,50	21,5 x 18,6	1392 x 1040
2x2	0,99	21,5 x 18,6	696 x 520

Por norma general para cada sistema doble tomé 50 imágenes FITS. A continuación, en tandas de 10 imágenes, las alineé manualmente con el software Astroart 3.0 y así obtener al final 5 imágenes finales promediadas con una mejor relación señal/ruido, eliminando en este proceso aquellas con peor seeing o defectuosas. Estas 5 imágenes también fueron promediadas para obtener una sexta imagen final. Gracias al tamaño del chip de estas cámaras, el campo real en cada imagen es de 21,5' x 18,6', por lo que siempre hay suficientes estrellas de referencia que nos servirán para reducir astrométricamente la imagen.

Las medidas se hicieron por una parte con

Astrometrica versión 4.5.1.377 usando el catálogo UCAC2 o, en su defecto, con el USNOB1.0 en aquellas zonas del cielo no cubiertas por él. Con este software se calculó la astrometría absoluta de cada componente del sistema doble en las seis imágenes finales. A continuación, con una aplicación desarrollada por Julio Castellano denominada “Dobles”, se calculó la distancia angular y ángulo de posición (theta y rho) en base al informe obtenido por mediación de Astrometrica. Además, estas mismas imágenes también fueron medidas con Reduc v 3.85.

Los datos finales son la media de la medida obtenida con ambos programas, excepto en aquellos sistemas más apretados y difíciles donde Reduc se ha mostrado mucho más potente y los resultados más fiables. Sólo en estos últimos casos, las medidas son exclusivas de Reduc.

La magnitud ofrecida ha sido medida directamente en banda V utilizando FoCAs II, programa desarrollado también por Julio Castellano, en base al catálogo CMC14, que ha demostrado tener una gran precisión en la fotometría estelar. Cuando esto no fue posible porque esa zona del cielo no estaba cubierta por dicho catálogo, se usó el USNOA2.0, igualmente válido para nuestros propósitos fotométricos, aunque con menor precisión que el catálogo nombrado en primer lugar. En aquellas imágenes donde no existían suficientes estrellas de referencia válidas, o donde por algún motivo FoCAs II daba error, la magnitud ha sido escogida directamente del informe ofrecido por Astrometrica en banda V y con el mismo catálogo, que también ha conseguido en muchos casos una mejora evidente en la fotometría existente en el WDS. Para diferenciar ambas medidas, las magnitudes estimadas con FoCAs II tendrán dos decimales y las calculadas con Astrometrica sólo un decimal.

Medidas

Se incluyen 69 medidas, 49 de ellas todavía incluidas en los listados de “Neglected Double Star” del Washington Double Star Catalog, aunque en realidad alguna de ellas presenta una medición más reciente.

Para una mejor identificación de cada sistema he incluido el número del catálogo Tycho o GSC de la estrella principal, un dato que puede ser fácilmente contrastado desde cualquier base

de datos o programa informático tipo planetario.

Todas las imágenes obtenidas se analizaron en la búsqueda de posibles nuevas parejas, encontrándose 19 de ellas que por sus parámetros o aspecto merecerían estar en el WDS más que algunas dobles medidas en este programa observacional e incluidas en el famoso catálogo desde el siglo XIX o principios del XX. En base a los excelentes informes realizados por Ángel Otero Garzón sobre estas parejas, al que desde aquí le doy mi más sincero agradecimiento por todo el trabajo realizado, y analizando los datos obtenidos, sólo he conservado dos que presentaban apreciable movimiento propio común y un mismo módulo de distancia para ambas componentes. Ambos parámetros, si bien, no son definitivos, sí son suficientemente importantes para diferenciar parejas de movimiento propio común o distinguir aquellas que compartan un mismo origen común.

Agradecimientos

A Ángel Otero Garzón por todo el trabajo desarrollado en el estudio de las posibles parejas nuevas. ☺

Referencias

-**Benavides, Rafael** – Fotometría de Estrellas Dobles con FoCAs II, OED nº2.

-**Castellano, Julio** – FoCAs II y Dobles, programas de reducción http://astrosurf.com/cometas-obs/_Articulos/Focas/Focas.htm

-**Losse, Florent- Reduc**, programa de reducción, <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>

-**Mason, B.D., Wycoff, G.L., Hartkopf, W.I., Douglass, G.G., et Worley, C.E.** 2001- Washington Double Star Catalog, y actualizaciones electrónicas mantenidas por el USNO

-**Project Pluto, Guide 8.0** <http://www.projectpluto.com/>

-**Raab, Herbert- Astrometrica**, programa de reducción, <http://www.astrometrica.at/>

-**The Aladin Sky Atlas**, <http://aladin.u-strasbg.fr/>

-**VizieR Service**, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

TABLA 1. MEDIDAS DE ESTRELLAS DOBLES CON UNA CÁMARA ATIK 16HR

DESIGN. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA	RHO	GSC	NOTAS
00017+2647	MLB 732	11,8	13,6	2008,873	317,8	4,04	1732 1224	
00032+3315	ES 2400	11,72	12,10	2008,873	105,6	6,09	2263 756	
00365+4311	POP 181	12,8	13,3	2008,879	106,8	6,17	2796 1153	1
00378+4459	ES 1358	9,5	12,50	2008,879	12,0	5,81	2796 1930	
00403+4004	MLB 970AB	12,8	13,2	2008,879	345,6	4,86	2801 317	
00403+4004	MLB 970AC	12,8	13,3	2008,879	49,8	33,84	2801 317	
00416+4017	MLB 734	12,8	14,2	2008,879	181,8	6,97	2801 1143	
01054+5541	STI1528	12,58	12,86	2008,873	19,8	10,07	3672 2485	2
01057+5432	STI1530	11,97	12,12	2008,873	177,2	14,93	3672 371	3
01072+5752	STI1537	8,73	12,80	2008,873	39,7	26,52	3677 590	4
01085+3956	MLB 914AC	10,29	14,92	2008,859	137,4	27,23	2803 317	
01085+3956	MLB 914BC	14,62	14,92	2008,859	139,1	6,10	2803 5	
01349+3519	POP 48	12,46	12,45	2008,871	23,6	2,17	2301 1209	5
01350+3707	ES 2549	13,83	14,06	2008,871	200,5	5,43	2305 313	
01362+3706	J 2716	12,14	13,19	2008,871	295,3	5,55	2305 1439	
01377+3149	ES 2403	9,83	11,95	2008,871	99,3	6,98	2293 260	6
01463+4439	A 948AB-C	8,52	13,42	2008,873	206,9	57,61	2827 416	7
01463+4439	A 948CD	13,42	13,42	2008,873	308,8	2,65	2827 1112	8
01476+5644	STI1688	12,69	13,55	2008,879	277,7	4,39	3692 1092	
01480+5153	ES 869	8,68	12,65	2008,879	231,9	8,47	3291 1754	9
01481+5151	ES 2589	10,71	13,04	2008,879	117,9	6,99	3291 2108	
01485+5952	STI 304	13,02	12,62	2008,879	54,5	13,65	3696 823	10
01488+5606	STI1691	12,18	13,42	2008,879	83,6	12,67	3688 249	11
03128+3720	WZ 6	11,03	11,21	2008,873	202,1	6,99	2352 58	12
03137+3508	COU 870AB	9,5	11,6	2008,873	93,8	3,73	2348 979	
03137+3508	COU 870AC	9,5	12,8	2008,873	329,6	19,20	2348 979	
03143+4835	ES 2597	8,19	11,06	2008,874	197,0	10,65	3315 551	
03171+3648	ES 2557	11,8	11,9	2008,874	59,6	3,45	2352 1924	13
04461+1905	HZG 3	11,1	11,5	2008,986	258,5	2,64	1275 1304	
16571+3908	HJ 2802AB	10,4	13,4	2008,534	126	11,99	3071 1550	14
18017+3714	GCB 29	12,6	12,7	2008,534	210,8	3,91	2633 159	
18454+3005	SLE 119	10,94	11,66	2008,638	176,3	6,56	2638 1127	
18454+2420	POU3531	12,75	13,90	2008,638	91,9	3,82	2108 568	15
19069+3505	POP 18	13,44	13,72	2008,534	213,1	4,21	2648 753	16
20410+2449	POU4865	12,18	13,66	2008,709	145,0	5,34	2174 324	17
20410+2419	POU4856	12,69	12,64	2008,709	145,2	12,44	2170 176	18
20411+2426	POU4863	12,85	12,79	2008,709	98,67	11,82	2174 457	19
20411+2419	POU4860	13,45	13,78	2008,709	206,26	18,60	2170 1201	
20416+2510	POU4875	12,72	12,89	2008,709	122,8	4,98	2174 491	20
20479+4204	ES 1573	9,3	12,5	2008,638	41,6	4,90	3174 585	21
20484+4002	SEI1255AB	10,9	12,2	2008,638	338,2	24,24	3170 1326	
20484+4002	J 1237BC	12,2	13,2	2008,638	355,4	5,45	3170 1130	22
20498+3958	SEI1267	11,94	12,27	2008,638	308,1	3,01	3170 75	
21069+3845	STF2758AB	5,2	6,0	2008,709	151,4	31,13	3168 2800	23

TABLA 1. MEDIDAS DE ESTRELLAS DOBLES CON UNA CÁMARA ATIK 16HR (CONT.)

DESIGN. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA	RHO	GSC	NOTAS
21070+3839	ES 2059	10,04	12,16	2008,709	266,7	6,85	3168 928	
21071+4134	HJ 1613	9,99	12,56	2008,709	4,6	16,19	3176 1787	24
21072+3841	MLB1018	12,12	13,0	2008,709	249,3	4,70	3168 1052	25
21073+3857	MLB 889	13,45	14,68	2008,709	4,1	6,95	3168 324	26
21074+3841	MLB1019	9,7	14,0	2008,709	242,9	5,83	3168 1066	27
21076+4137	BVD 159	13,8	14,4	2008,709	48,7	4,04	3176 1872	28
21076+3757	ES 2060AB	11,35	12,15	2008,709	249,5	5,41	3168 185	
21076+3757	ES 2060AC	11,35	13,15	2008,709	265,7	18,04	3168 185	
22032+3804	ES 2528	12,70	13,76	2008,709	85,7	5,27	3198 2573	
22036+3825	ES 2529	12,55	12,64	2008,709	272,4	5,00	3198 2776	
22042+3806	SEI1555	11,43	11,75	2008,709	178,9	7,30	3198 2352	
22069+3335	ES 385AB	8,8	13,4	2008,709	72,6	7,79	2724 472	
22069+3335	ES 385AC	8,8	14,6	2008,709	0,3	32,73	2724 472	
22073+3842	MLB 790	10,51	12,63	2008,709	334,3	11,33	3198 1112	
22075+3841	MLB 792	13,48	14,5	2008,709	227,8	5,10	3198 2189	29
22084+3919	MLB 793	12,80	13,62	2008,709	209,1	6,44	3198 633	
22085+3922	HO 470	7,6	12,99	2008,709	341,9	13,46	3198 1020	
22111+4032	MLB 963	13,24	14,04	2008,709	9,9	6,65	3203 200	
22123+3952	MLB1100	12,05	13,22	2008,709	301,6	8,77	3203 1427	
22130+3426	COU1190	13,6	13,4	2008,709	187,6	2,34	2741 2218	30
23530+4450	SMA 207	12,10	14,33	2008,870	293,7	13,05	3245 531	
23549+4217	J 3200	13,86	14,26	2008,871	118,2	4,69	3241 899	
23556+4508	SMA 211	11,46	13,53	2008,870	23,3	5,97	3639 2182	31
23573+4548	SMA 212 AB	12,25	13,33	2008,870	226,2	8,96	3639 779	32
23573+4548	BVD 160 AC	12,25	14,71	2008,870	69,8	3,47	3639 779	33

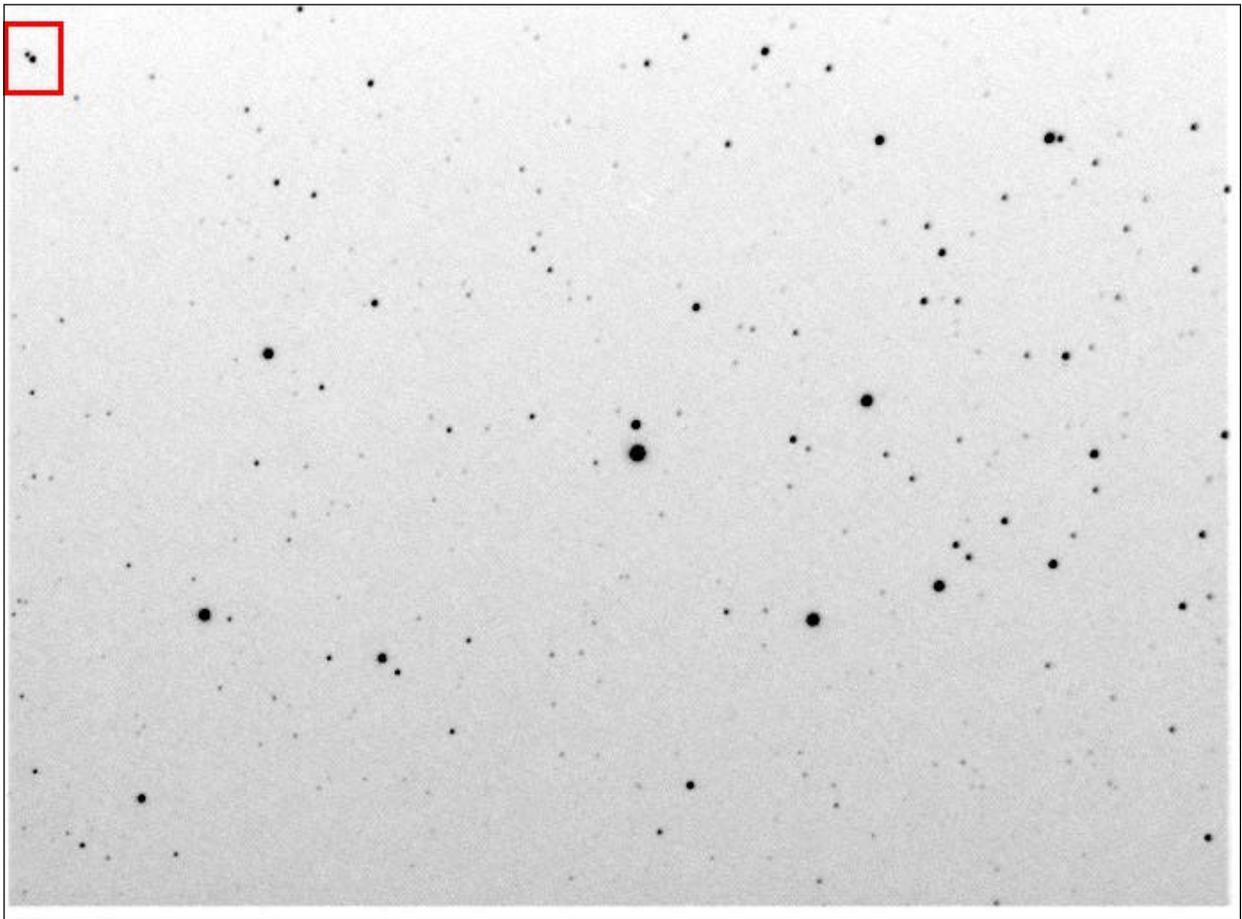


Imagen 1: BVD 159. En el extremo superior izquierda de la imagen de HJ1613, rodeada en un rectángulo rojo, me llamó la atención esta parejita que resultó compartir movimiento propio.

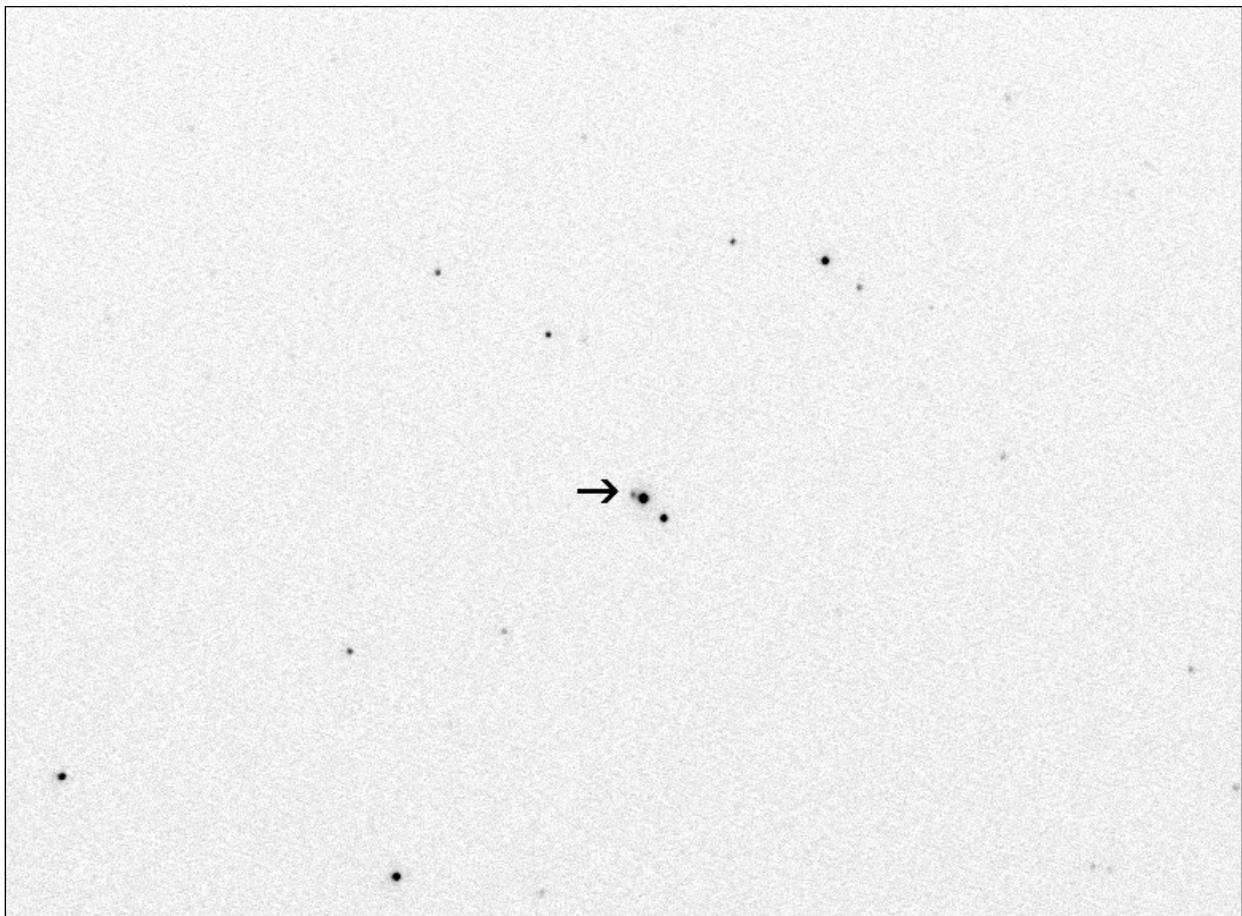


Imagen 2: BVD 160AC. Pegada a la componente principal del sistema SMS 212 aparece una estrellita no incluida en catálogo alguno. Ha resultado ser una enana roja con espectro K1 V, posiblemente ligada físicamente a la estrella principal.

Notas

- 1.- POP 181. Movimiento propio común elevado. Espectros G6 V y K1 V.
- 2.- STI1528. Sólo medida en 1911. Pareja óptica. Coordenadas precisas en 01 05 24.80 +55 41 21.1. El WDS ofrece unas coordenadas, pero no son del todo precisas.
- 3.- STI1530. Únicamente medida en 1913. Clarísima pareja óptica. Coordenadas precisas en 01 05 39.94 +54 32 04.2
- 4.- STI1537. Última medida en 1911. Pareja óptica que se separa con rapidez. La principal es la estrella HIP 5255, una estrella de clase espectral G8 V situada a 308 años-luz que posee un elevado movimiento propio.
- 5.- POP 48. Únicamente medida en 1970. Aumenta AP y parece que lentamente se va separando, aunque son necesarias más observaciones. Gran equilibrio de sus componentes, espectros F5 V. Coordenadas precisas en 01 34 57.48 +35 16 58.5.
- 6.- ES 2403. Formada por gigantes rojas. El WDS ofrece AP 280°, yo veo claramente más brillante a la considerada secundaria por el WDS.
- 7.- A 948AB-C. Última medida en 1921. Pareja óptica.
- 8.- A 948CD. Última medida en 1933. Prácticamente fija desde entonces. Coordenadas precisas en 01 46 17.80 +44 37 56.9.
- 9.- ES 869. Únicamente medida en 1910.
- 10.- STI 304. No medida desde 1910. Pareja óptica. Coordenadas precisas en 01 48 31.08 +59 51 34.3.
- 11.- STI1691. Únicamente medida en 1913. Pareja óptica, ambas componentes F3 V.
- 12.- WZ 6. Última medida en 1932. Movimiento propio de la primaria en A.R. 32,9 mas/año y en declinación 97,4 mas/año (UCAC2). Espectros F7 V y F8 V para ambas componentes. Pareja de movimiento propio común. El WDS equivoca su posición un par de minutos en declinación, las coordenadas precisas son 03 12 44.26 +37 17 05.4.
- 13.- ES 2557. No medida desde 1981. Coordenadas precisas en 03 16 27.91 +36 48 27.5.
- 14.- HJ 2802AB. No medida desde 1917. Pareja óptica. La principal es la doble cerrada TDT 156Aa,Ab.
- 17.- POU4865. Sólo medida en 1899. Coordenadas precisas en 20 41 04.74 +24 48 55.1.
- 18.- POU4856. Última medición en 1899. Movimientos propios de ambas muy pequeños. Clases espectrales F5 V y F6 V. Coordenadas precisas 20 40 54.55 +24 19 11.2.
- 19.- POU4863. Sólo medida en 1899. Coordenadas precisas en 20 41 04.51 +24 26 08.1, hay más de un minuto de diferencia con la que aparece en el WDS.
- 20.- POU4875. Sólo medida en 1899. Clases espectrales F7 V y A0 V, pareja óptica. Coordenadas precisas en 20 41 40.61 +25 10 21.3.
- 21.- ES 1573. Única medida en WDS en 1916. Ambas espectro F5. Pareja óptica.
- 23.- STF2758AB. La famosa 61 Cyg, medida con Reduc por encontrarse en el campo de otras neglected.
- 24.- HJ 1613. Pareja óptica.
- 25.- MLB1018. No medida desde 1937. Las coordenadas precisas son 21 07 17.04 +38 41 10.9, en el WDS existen pequeñas diferencias.
- 26.- MLB 889. Únicamente medida en 1933. Coordenadas precisas 21 07 18.20 +38 57 18.5. Pareja óptica. Como curiosidad, pegada a la principal, hay una estrellita de magnitud aproximada 16 a 3,78" y 279,4°. Al no trabajar con suficiente focal no hay precisión suficiente en esta última medida.
- 27.- MLB1019. Sólo medida en 1936.
- 28.- BVD 159. Nuevo sistema situado en 21 07 34.74 +41 37 06.0. Se encuentra formado por dos estrellas enanas de clases espectrales K2 V y K3 V. Presentan un movimiento propio moderado, siendo para la principal en A.R. de 78,4+/-5 mas/año y en Declinación 59,7+/-5 mas/año y para la secundaria en A.R. 85,2+/-5 mas/año y en declinación 56,1+/-5 mas/año. Según diversos criterios astrofísicos es un sistema de movimiento propio común.
- 29.- MLB 792. No medida desde 1944. Coordenadas precisas en 22 07 32.66 +38 41 46.4.
- 30.- COU1190. Sólo medida en 1973. Coordenadas precisas en 22 13 02.28 +34 25 34.5.
- 31.- SMA 211. Sólo medida en 1921. Coordenadas precisas en 23 55 25.17 +45 08 55.9. Espectros G5 V y K2 V.
- 32.- SMA 212 AB. Sólo medida en 1921. Se separan, pareja óptica. Coordenadas precisas en 23 57 04.73 +45 48 08.3.
- 33.- BVD 160 AC. Detectada una débil compañera junto a la componente principal de SMA 212. Coordenadas precisas del sistema en 23 57 04.73 +45 48 08.3. Clases espectrales F5 V y K1 V. El estudio astrofísico confirma similares distancias y movimientos propios, lo que sugiere, de acuerdo a diferentes criterios, que podrían tener alguna relación entre sí. Futuros estudios podrán confirmar o rebatir estas sospechas.

Dos nuevos pares con movimiento propio común en Auriga

Two new common proper motion pairs in Auriga

por *Rafael Caballero*

Agrupación Astronómica Hubble (Jaén, España) · rafa.caballero.rolدان@gmail.com

Este trabajo presenta dos nuevos pares con movimiento propio común apreciable no incluidos hasta la fecha en el Washington Double Star Catalog. También se describe un método sencillo para la búsqueda de nuevos pares de este tipo a partir del software gratuito *Cartes Du Ciel*.

This paper presents two new common proper-motion binaries in Auriga not included currently in the Washington Double Star Catalog. A simple technique for finding new pairs of this type using the free software Sky Charts is described.

Introducción

Inspeccionando el cielo con los recursos de los que se dispone en la actualidad, cámaras CCD, placas fotográficas de los observatorios profesionales, catálogos disponibles etc., es fácil encontrar nuevos pares de estrellas que no se encuentran en los catálogos de estrellas dobles y en particular en el catálogo de referencia para dobles, el *Washington Double Star Catalog* (WDS). Sin embargo, la ingente cantidad de tales pares hace que sólo merezca la pena clasificar aquellos que presenten algún indicio de formar un par físico. Uno de tales indicios es el movimiento propio común: si las dos estrellas presentan un movimiento propio elevado, y en la misma dirección y sentido, resulta más probable que se encuentren físicamente ligadas. En este artículo se presentan dos sistemas de este tipo no catalogados hasta el momento en el catálogo WDS. La Tabla 1 muestra los datos de los posibles nuevos pares.

Detección de posibles nuevas dobles a partir del software *Cartes du Ciel*

La búsqueda de dobles nuevas con movimiento propio común se basa habitualmente en técnicas como la minería de datos, que busca estrellas

próximas en uno o más catálogos con movimiento similar, o en el reconocimiento de movimiento en imágenes tomadas con varios años de separación. Tales técnicas pueden resultar complejas para el aficionado, por lo que proponemos aquí un atajo a través del software gratuito *Cartes du Ciel* (CdC) que se puede descargar a partir de la página <http://cartes-du-ciel.iespana.es/>. Hay que avisar de que el método requiere horas de paciente y normalmente infructuosa búsqueda, pero también puede darnos la alegría de localizar alguna doble no catalogada hasta la fecha. Los pasos a seguir pueden resumirse así:

1) Configurar el programa. Para ello debemos asegurarnos de tener cargados los siguientes catálogos:

-El Washington Double Star Catalog (WDS)

-El USNO-A2.0

-El WDS puede obtenerse desde la misma página del CdC, mientras que el USNO-A2.0 puede descargarse (con buena conexión a Internet y muchísima paciencia) de <ftp://ftp.nofs.navy.mil/pub/outgoing/usnoa/>.

2) Preparar la región de observación. Con estos dos catálogos activos, y si deseamos algún otro de los disponibles en CdC, nos disponemos a

COORDENADAS	MAG.	SEP. (")	A..P. (°)	ÉPOCA	MOVIMIENTO PROPIO (MS/AÑO)
A.R.: 05h 55m 36.20s Dec.: +45° 01' 15.80"	11,36 (1) 12,02 (1)	8,074 (2)	73,450 (2)	1998,843	A: (18 ±0,8, -69,3±0,9) (3) B: (21±1,8, -69,4±1) (3)
A.R.: 06h 48m 03.37s Dec.: +46° 19' 19.99"	11,52 (4) 12,15 (4)	12,303(2)	316,338 (2)	1998,846	A: (-21,8±0,7, -33,6±0,6) (3) B: (-24,4±0,8, -31,5±0,7) (3)

(1) Fotometría obtenida con CCD sin filtro. Cortesía de Rafael Benavides

(2) Astrometría a partir de 2MASS

(3) UCAC2

(4) GSC 2.2.3

Tabla 1: Datos de los dos nuevos pares con movimiento común



Imagen 1: La nueva doble en coordenadas 05h 55m 36.20s +45° 01' 15.80" (cortesía de Rafael Benavides)

examinar la región que deseemos. Para ello usaremos la opción de ampliar imagen (zoom) hasta que veamos en pantalla una región de aproximadamente entre 6 y 14 minutos de largo. Debemos utilizar entonces la opción de aumentar el número de estrellas visibles hasta que aparezcan las de la magnitud máxima que deseemos ver, digamos magnitud 15 (el catálogo USNO-A2 no ofrece la magnitud V, podemos usar como referencia la magnitud en rojo). Nótese que no debe aumentarse el número de estrellas antes de hacer zoom: el catálogo USNO-A2 tiene tal cantidad de estrellas que llenaría la pantalla de punto haciendo imposible seleccionar la zona que se desea recorrer.

3) **Anotar posibles candidatas.** Ahora sólo se trata de moverse con paciencia, usando los cursores hasta encontrar 2 puntos cercanos que no estén marcados como dobles por el catálogo WDS. La Figura 2 nos muestra las dos parejas nuevas tal y como se ven en el Cartes du Ciel.

4) **Comprobar candidatas.** La mayor parte de las dobles candidatas que obtengamos en el paso anterior no corresponderán a nuevas dobles con movimiento propio común. O bien no se apreciará ningún movimiento en la pareja (aunque aún así puede merecer la pena estudiarla por si se encuentran otros indicios), o a menudo veremos que ni siquiera se trata de una pareja sino de dos imá-



Imagen 2: Las dos dobles nuevas en Cartes du Ciel.

genes de una sola estrella en dos catálogos distintos, que tienen ligeras coordenadas ya sea por imprecisión de las medidas o porque la estrella tiene un movimiento propio elevado y se ha movido en el tiempo que pasó entre la elaboración de ambos catálogos (esto ocurre sobre todo si tenemos activados más catálogos). Para comprobar si alguna de las candidatas corresponde de verdad a un par nuevo debemos comprobar que tiene movimiento común notable, por ejemplo mediante las utilidades disponibles de forma gratuita por el CDS (<http://cds.u-strasbg.fr/>) como Aladin o Vizier.

6) Comprobar con una versión reciente del Washington Double Star Catalog. Esto es necesario porque la versión disponible con el software es bastante antigua y puede que la pareja

haya sido catalogada entre tanto. Puede incluso que la pareja ya haya sido publicada pero esté pendiente de su inclusión en el catálogo, aunque este extremo es más difícil de confirmar.

Conclusiones

La mayor parte de las dobles que encontremos corresponderán a pares con una o las dos componentes muy débiles, pero si somos lo suficientemente pacientes podemos llegar a encontrar nuevas dobles realmente interesantes. Es importante recalcar que el detectar movimiento común apreciable no es suficiente para indicar relación física; aún es necesario un estudio más detallado como el que hace en este mismo número Francisco Rica. ☺

Descubrimiento de una nueva binaria en la Corona Boreal

On the discovery of new binary system in Corona Borealis

✍ por *Juan-Luis González Carballo*

Agrupación Astronómica de Sabadell (España) · carballo@eresmas.net

✍ *Francisco M. Rica Romero*

Agrupación Astronómica de Mérida · Coordinador de la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA · frica0@terra.es

✍ *Ángel Otero Garzón*

Agrupación Astronómica de Sabadell (España) · garaote@telefonica.net

En el presente trabajo se presenta y estudia una nueva binaria de origen común descubierta por Juan-Luis González Carballo que denominaremos CRB1. La binaria está situada en la constelación de Corona Boreal y está compuesta por débiles estrellas de magnitud V 12,66 (espectro K0V) y 12,82 (K0-1V) separadas por 16,2" en dirección 222°. El análisis de los datos fotométricos y cinemáticos han determinado el origen común de ambas componentes.

A discovery of a new binary system candidate by Juan Luis González Carballo in the constellation of Corona Borealis is presented in this work. Provisionally we'll name it as CRB1. The stars have magnitudes V 12.66 (K0V Spectral type) and 12.82 (K0-1V), separated by 16.2" at 222°. The analysis of kinematic and photometric data have identified the common origin of both components.

Introducción

La noche del 29 de mayo, mientras localizaba el campo de una estrella variable en la Corona Boreal, me topé con un curioso par de estrellas. Se trataba de dos débiles astros situados en el límite visual del equipo empleado desde mi lugar habitual de observación (Valencia de Alcántara); la cercanía e idéntica magnitud aparente del par llamaron mi atención. Tras anotar sus coordenadas, utilicé VizieR y Aladin para obtener alguna información al respecto. Rutinariamente reviso todos los campos estelares que capturo con mi CCD para poder determinar si existe algún sistema que posea un movimiento común destacable. Los ejemplos de Rafael Benavides¹ y Rafael Caballero², con excelentes resultados utilizando métodos informáticos, me han animado a ello.

En esta ocasión, me sorprendió que el par en cuestión parecía tener, efectivamente, un pequeño pero evidente movimiento propio común y características fotométricas similares. Tras consultar con Rafael Benavides, me decido a enviar los datos a dos expertos en catálogos estelares profesionales para contrastar mis observaciones con fuentes cartográficas de justificado prestigio. Ángel Otero Garzón, en primer lugar, y Francisco M. Rica Romero, en segundo, vinieron a confirmar la naturaleza física del sistema. Basándome en los informes astrofísicos de estos expertos amateurs, paso a detallar a continuación las características físicas de la nueva candidata a estre-

lla doble que, provisionalmente, denominaremos CRB1.

CRB1 se sitúa, como decíamos anteriormente, en la constelación de la Corona Boreal. Sus coordenadas son: AR=15 42 18,17 y DEC=+28 52 39,0 y está formada por estrellas de magnitud V 12,66 y 12,82 separadas por 16,23" (rho), mostrando un ángulo de posición (theta) de 222,0°. Las identificaciones de este par en los principales catálogos empleados son:

	GSC	2MASS
Componente A	203901550	15421817+2852390
Componente B	203900327	15421735+2852270

Literatura profesional

Se ha consultado el Centro de Datos Estelares de Estrasburgo³ (CDS) para obtener la mayor información posible para las componentes de esta binaria. Para obtener los datos fotométricos B y V en el óptico y J, H y K en el infrarrojo consultamos los catálogos Carlsberg Meridian Catalog 14⁴ (CMC14) y Two Micron All Sky Survey⁵ (2MASS), entre otros. Los movimientos propios se deducen del catálogo UCAC2⁶. La metodología empleada se basa en el procedimiento de trabajo desarrollado por Francisco M. Rica⁷.

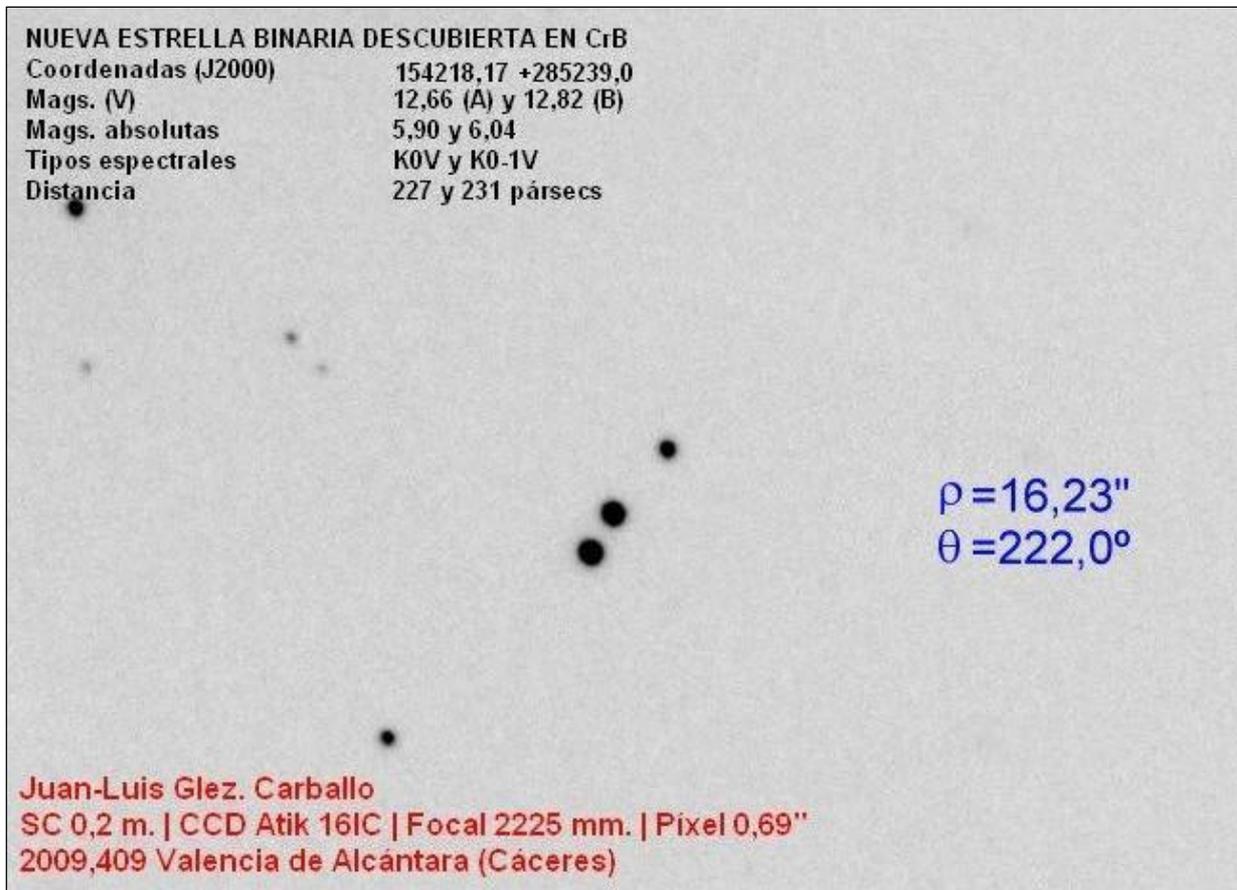


Imagen 1: La nueva binaria CRB1.

Análisis fotométrico

Las magnitudes V obtenidas a través del catálogo CMC14 fueron de $12,64 \pm 0,06$ y $12,78 \pm 0,06$. Se obtuvieron estos valores empleando la fotometría CCD en banda r del catálogo citado y la JHK del 2MASS.

Empleando el catálogo GSC1⁸, previa calibración fotométrica con el catálogo Tycho-2⁹, se obtuvieron las siguientes magnitudes V = $12,68 \pm 0,25$ y $12,86 \pm 0,25$. Como puede observarse, ambos valores son muy similares; no obstante, se calculó una media ponderada de ambos valores.

Estimación del tipo espectral y de la clase de luminosidad para la primaria

Utilizando las herramientas astrofísicas que Francisco M. Rica ha descrito en varios de sus trabajos¹⁰, y que se mencionan más abajo, se puede concluir que nos encontramos ante estrellas enanas con tipos espectrales K0V (componente A) y K0-1V (componente B).

Para determinar el tipo espectral y la clase de luminosidad de la fotometría óptico-infrarroja (bandas VJHK) se convirtió a unidades de energía absoluta para obtener la distribución de la observada, la cual fue comparada con los modelos teó-

ricos derivados por los profesionales. El uso combinado de la fotometría, junto con el movimiento propio de las componentes, permitió obtener con bastante precisión su espectro y clase de luminosidad. También se emplearon diagramas de doble color J-H contra H-K y varias tablas que relacionan la fotometría multibanda con el tipo espectral (como las publicadas por Besell y Brett¹¹, Gerald y Roach¹² o las proporcionadas por Zombeck¹³). Finalmente, también fue utilizada una herramienta denominada diagrama de movimiento propio reducido a partir de los ofrecidos por Eric¹⁴, Nelson *et al*¹⁵. y Salim y Gould¹⁶. Estos diagramas reciben como entrada el movimiento propio de la estrella y la magnitud aparente, parámetros que están relacionados con la magnitud absoluta y la velocidad espacial en km/s, permitiendo, de esta forma, diferenciar en muchas ocasiones entre enanas, gigantes, enanas blancas y subgigantes.

Magnitud absoluta y distancias

Relacionando el tipo espectral con la clase de luminosidad se puede obtener la magnitud absoluta de las componentes del sistema (Zombeck, 1990). De esta forma se obtuvo una magnitud absoluta en banda V de +5,90 y +6,04. El módulo de distancia calculado es de $V - M_V = +6,76$ y +6,78 y, por tanto, ambas estrellas parecen estar situadas a la misma distancia de nosotros. Si traducimos en pársecs estos módulos de distancia, obtenemos

TABLA I. ASTROMETRÍA RELATIVA DE CRB1				
ÉPOCA	THETA (°)	RHO (")	NOTA	OBSERVADOR
1902,353	222,2	15,92	AC2000	FMR
1950,384	222,6	16,06	DSS	FMR
1989,185	221,8	16,15	DSS	FMR
1993,303	221,6	16,06	DSS	FMR
1997,505	222,4	16,11	DSS	FMR
1999,420	221,9	16,13	2MASS	FMR
2009,409	222,0	16,23	CCD	CRB

227 y 231 pc.

Enrojecimiento estelar

Cuando estudiamos objetos lejanos, es necesario corregir sus datos astrofísicos debido al efecto del enrojecimiento estelar (el polvo cósmico hace que un porcentaje de ciertas longitudes de onda sean absorbidas por este polvo, dando lugar a que las estrellas parezcan más rojas de lo que realmente son). Para ello, se empleó una herramienta informática disponible on-line (el mapa de Schlegel, Finkbeiner y Davis¹⁷) que permite el enrojecimiento para una distancia infinita; por ello se hizo necesario escalar el enrojecimiento para la distancia a la que se encuentran las estrellas. Este proceso se realizó empleando los métodos descritos por Anthony-Tuarog y Tuarog¹⁸ y van Herk¹⁹.

Una vez realizados estos procesos se obtuvieron tipos espectrales G9.5V y KoV con magnitudes absolutas de +5,82 y +5,90. Las magnitudes V corregidas por enrojecimiento (V_0) son +12,60 y +12,76, resultando los siguientes módulos de distancia ($V-V_0$): +6,78 y +6,86. Estos módulos se corresponden con distancias corregidas de 227 y 236 pc.

Astrometría relativa

Se efectuaron 6 mediciones empleando las placas del Digitized Sky Survey (DSS), así como los catálogos 2MASS y AC2000. Igualmente, se realizó desde Valencia de Alcántara (Cáceres) una medición utilizando un telescopio Celestron de 0,20 m. de diámetro y una cámara CCD Atik16IC, trabajando con una focal de 2225 mm. y un tamaño de píxel de 0,69". Se obtuvieron 50 imágenes del par que posteriormente fueron promediadas en grupos de 10 hasta obtener 5 imágenes resultantes que se calibraron restando darks (véase Tabla 1).

Conclusión: estudio de la naturaleza de CRB1

Empleando el catálogo UCAC2, se evidencia que **las estrellas poseen un movimiento propio muy similar** (véase la tabla II). Estos

movimientos propios son pequeños y es típico de las estrellas de fondo del cielo. Eso significa que no es raro encontrar dos estrellas cercanas que poseen movimientos propios pequeños y muy similares. Por tanto, son necesarias más evidencias para concluir la naturaleza binaria de esta doble. Nuestra estimación de la distancia (227 y 231 pc) indica que ambas estrellas posiblemente están situadas a la misma distancia de nosotros, lo cual es un indicador de binariedad. No obstante, se pueden emplear otros elementos para ayudar a confirmar este punto.

Tabla II. Movimiento propio común de las componentes de CRB1 (en mas*año⁻¹)

	$\mu(\alpha)$	$\mu(\delta)$
Componente A	+14,1±3,3	+0,6±3,2
Componente B	+14,4±2,9	+0,1±2,8

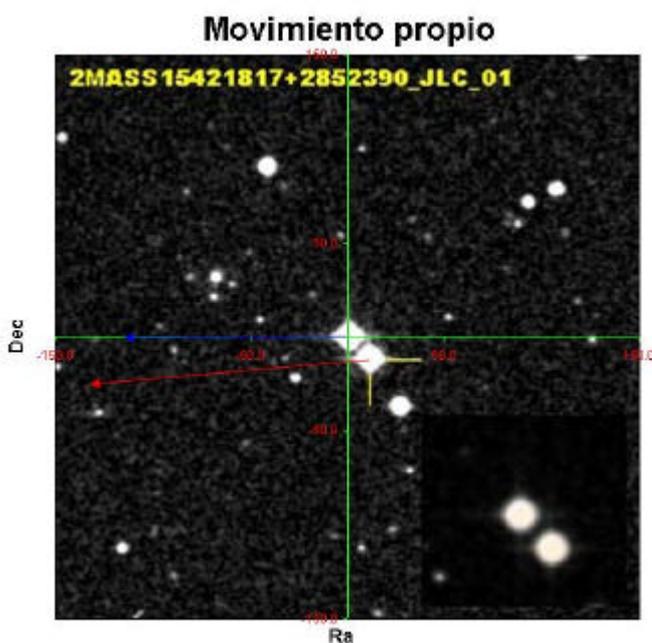


Imagen 2: Movimiento propio del sistema.

Francisco M. Rica utilizó el movimiento relativo de la secundaria con respecto a la primaria, obteniendo unos valores de B con respecto a A de:

$$\Delta x = -0,6 \pm 0,5 \text{ mas} \cdot \text{año}^{-1} \text{ (AR)}$$

$$\Delta y = -2,3 \pm 0,3 \text{ mas} \cdot \text{año}^{-1} \text{ (Dec)}$$

Una vez obtenidos estos datos fotométricos, astrométricos y cinemáticos se puede clarificar la naturaleza del par objeto de estudio. Y en el caso de CRB1 podemos concluir que **estamos ante una nueva binaria de origen común** en la que, aunque existe una verdadera relación física entre ambas componentes, seguramente no orbiten alrededor del centro de masas común.

Agradecimientos

Deseo agradecer sinceramente a Rafael Benavides los consejos y la amistad ofrecidos durante los últimos años. Sin duda alguna, lo poco que sé hacer en este apasionante campo de trabajo se debe a su paciencia y dotes didácticas. ☺

Referencias

1. Benavides Palencia, R. (2008): "Nuevas parejas de movimiento propio común", en **Astronomía**, n.º 105, págs. 62-63.
2. Caballero, Rafael (2009): "Finding new common proper-motions binaries by data mining", **JDSO**, Vol. 5, No. 3, págs. 156-167.
3. CDS: <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>
4. CMC-14: <http://www.ast.cam.ac.uk/~dwe/SRF/cmc14.html>
5. 2MASS: <http://ipac.caltech.edu/2mass/releases/second/index.html>
6. Zacharias, N. *et al.* (2004): **AJ**, 127, 3043.
7. Rica Romero, F.M. (2005), **JDSO**, 1, 24.
8. GSC1: <http://www-gsss.stsci.edu/gsc/gsc.html>
9. Tycho2: <http://www.astro.ku.dk/~erik/Tycho-2/>
10. Rica Romero, F.M. (2008), **RMxAA**, 44, 137.
11. Besell, M.S. y Brett, J.M. (1988): **AJ**, 107, 1577.
12. Gerald, E.K. y Roach, F.E. (1988): **PASP**, 100, 90.
13. Zombeck, M.V. (1990): *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics of the Harvard University*, Cambridge University Press.
14. Eric, M.J. (1972), **AJ**, 173, 671.
15. Nelson, C.A. *et al.* (2003): **ApJ**, 573, 644.
16. Salim, S. y Gould, A. (2002), **ApJ**, 575, 83.
17. Schlegel, D.J., Finkbeiner, D.P. y Davis, M. (1998), **ApJ**, 500, 525. Puede consultarse en: <http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/DUST/>
18. Anthony-Twarog, B.J. y Twarog, B.A. (1994), **PASP**, 100, 1134.
19. van Herk, G. (1965), **Bull. Astron. Inst. Netherlands**, 18, 71.

Medidas de estrellas dobles con una cámara Audine (2ª serie)

Double stars Measurements with an Audine Camera (2nd series)

por Florent Losse

Observatorio de S. Pardon de Conques · Sociedad Astronómica de Francia · florent_losse@yahoo.fr

Una evaluación de la cámara CCD Audine apareció en el anterior número de El Observador de Estrellas Dobles. Este artículo es la continuación de aquél y se centra en pares más interesantes. Dobles débiles con pocas mediciones, sistemas orbitales y pares abandonados son el eje principal de estas 151 medidas. Actualmente se pueden dar ideas de programas observacionales que pueden ser realizados con un equipo amateur corriente.

An evaluation of the Audine CCD camera was presented in the previous issue of El Observador de Estrellas Dobles. This article is the natural continuation of the previous work and focuses on more interesting couples. Faint doubles with few measurements, orbital systems and neglected double stars are the main axes of this set of 151 measurements. Actually it can give some ideas of observational programs that can be led with a common amateur configuration.

Introducción

Este artículo presenta el conjunto de trabajos llevados a cabo con la configuración descrita en OED n.º 2 [1]. Como recordatorio, diremos que se trata de un telescopio Newton de 200 mm de diámetro equipado con una cámara CCD Audine [2]. El uso de diferentes configuraciones ópticas permite ajustar la escala de placa en función de las características de las estrellas a medir. Se tomaron varias decenas de imágenes de cada doble y todas ellas fueron reducidas individualmente con el programa Reduc [3]. Se asumirá la medida final como la media de las medidas individuales. Los pares muy cerrados se trataron de manera diferente: después de seleccionar las mejores imágenes, éstas fueron recentradas y sumadas. La medición se efectuó en este caso utilizando el algoritmo Surface [4] incorporado en Reduc.

Programas de observación

En 2006 y 2007, mi programa de observación principal estaba consagrado a la medida de estrellas dobles olvidadas, cuyas listas son actualizadas por el Observatorio Naval de Washington [5]. Se efectuaron 468 medidas de 272 pares y los resultados se publicaron en Observations & Tra-vaux [6,7].

Las 151 medidas presentadas aquí provienen de un programa llevado a cabo en paralelo a los trabajos sobre las dobles olvidadas. El núcleo del programa comprende la observación de estrellas situadas en la proximidad de los pares del programa principal y responden a uno o varios de los siguientes criterios:

- Separación comprendida entre 2" y 6" (63% de las observaciones). Cuando las condiciones fue-

ron propicias se bajó el límite inferior 1". Se midieron 18 sistemas entre 0"8 y 2".

- Magnitud de la secundaria ≥ 10 y presentando pocas medidas (68%).

- Sistemas orbitales (7%).

- Pares olvidados no pertenecientes al programa principal (20%).

a) Sistemas orbitales

Muchos sistemas orbitales son muy cerrados y difíciles de medir sobre las imágenes. Sin embargo, un cierto número de ellos sí están al alcance de un telescopio de 200 mm (Figuras 2 y 3). En total han sido medidos 11 pares orbitales. La figura 1 (página siguiente) muestra gráficamente los residuos entre los valores observados y los valores calculados a partir del 6º catálogo de órbitas [8]. Para cada doble, los valores polares relativos (Theta, Rho) observados y calculados son convertidos en coordenadas rectangulares (x'' , y'') mediante las expresiones:

$$\begin{aligned}x'' &= \rho \sin \theta \\y'' &= \rho \cos \theta\end{aligned}$$

Los puntos del gráfico vienen dados por las diferencias ($x_o - x_c, y_o - y_c$) entre las posiciones observadas y las posiciones calculadas.

El cuadrado a trazos rojos representa el campo de un píxel en la configuración óptica más frecuentemente utilizada. Con la excepción de un valor, todos los residuos están contenidos en la superficie de un píxel. El valor en el exterior del cuadrado corresponde con el sistema STF2613, cuya órbita presenta residuos sistemáticos. Los

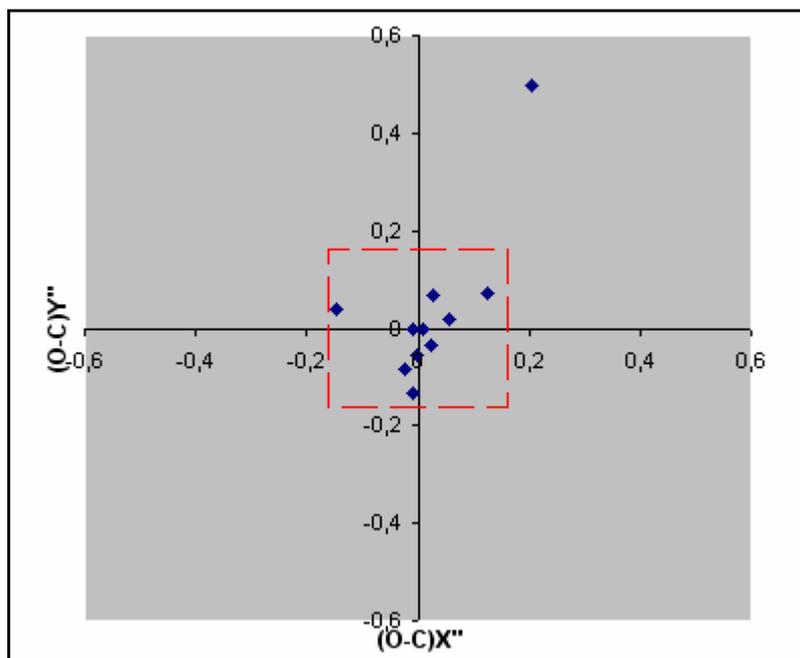


Figura 1: diagrama de residuos.

residuos bajo la forma más clásica de O-C polares se muestran en las notas de la Tabla 2.

b) Pares olvidados

La observación de estrellas dobles olvidadas es un campo donde el amateur puede fácilmente hacer una obra útil. Los varios miles de parejas que faltan por observar permiten a cualquiera tallar un programa de observación adaptado a su material y a sus condiciones de observación.

Muchas de estas dobles han sido observadas una sola vez y deben ser confirmadas. Sus características son, por tanto, tan imprecisas que son necesarias largas búsquedas en la literatura. Afortunadamente, vivimos una época formidable y son muchos los recursos disponibles para tales indagaciones [9,10]. A parte de la exacta identificación de la doble y del placer de investigar en las observaciones de nuestros ilustres predecesores, las dobles olvidadas ofrecen también un terreno propicio para los descubrimientos y abren la puerta a estudios más profundos (ver Figura 4 y ES 2107, POU3064, POU3092 en las notas).

Resultados

Los resultados se presentan en dos tablas.

a) Tabla 1: Medidas

- Columnas 1, 2, 3: designación del sistema.
- Columnas 4, 5: magnitudes extraídas de los catálogos.
- Columna 6: época media de la medida.
- Columnas 7, 8: medida del ángulo de posición en grados y de la separación en segundos de arco (media de las noches).

-Columna 9: número de noches.

-Columna 10:

O: designa un par orbital, los o-c se muestran en las notas.

C y N: par perteneciente a la lista de dobles olvidadas, C indica una confirmación (primera observación desde el descubrimiento).

D: nuevo sistema.

-Columna 11: llamada a las notas (Tabla 2)

b) Tabla 2: Notas

Las tres primeras columnas se corresponden con la designación dada en la Tabla 1. Las notas se dan en la cuarta columna. ©

Referencias

- [1] Losse, F., 2009, Medición de estrellas dobles con una cámara Audine, OED n°2 pp. 15-19
- [2] Projet Audine, <http://www.astrosurf.com/audine/>
- [3] Losse F., Reduc, logiciel de réduction, <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>
- [4] Morlet, G.; Salaman, M., 2005, Computer program for CCD measurements of visual double stars based on the adjustment of a light surface, O&T 61 pp. 34-48
- [5] Mason, B.D., Wycoff, G.L., Hartkopf, W.I., Douglass, G.G., et Worley, C.E. 2001, Washington Double Star Catalog, and electronic updates maintained at USNO (<http://ad.usno.navy.mil/wds>)
- [6] Losse, F., 2007, Identification and Measurements of Neglected Doubles, O&T 65 pp. 30-33
- [7] Losse, F., 2007, Identification and Measurements of Neglected Doubles, O&T 67 pp. 26-34
- [8] Hartkopf W. I. & Mason B. D., 2004, Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars
- [9] NASA's Astrophysics Data System: <http://www.adsabs.harvard.edu>
- [10] Centre de Données astronomiques de Strasbourg, <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>

El presente artículo ha sido traducido del francés por Edgar R. Masa Martín

TABLA 1: MEDIDAS DE ESTRELLAS DOBLES CON UNA CCD AUDINE · FLORENT LOSSE

INDICE WDS (1)	SISTEMA (2)	COMP (3)	M1 (4)	M2 (5)	ÉPOCA (6)	THETA (7)	RHO (8)	N (9)	CAT (10)	NOTAS (11)
00014+3937	HLD 60		9,09	9,77	2006,77	170,7	1,3	1	O	ver notas
00052+0204	J 1801		10	11	2006,61	52,1	3,06	1		ver notas
00057+4549	STT 547	AB	8,98	9,15	2006,77	184,8	6,06	1	O	ver notas
00159+2526	POU 14		12,6	13	2007,78	117,4	15,22	1		
00324+3745	BU 780		9,57	11,18	2006,74	131,6	2,49	1		
00341+3807	COU 849		11,48	13	2006,74	113,1	2,13	1		
00348+3817	ES 1941		10,4	10,5	2006,74	348,8	2,94	1		
00352+3750	BU 1291		8,9	13,3	2006,74	169,1	3,22	2		
00442+4614	STF 52		7,87	8,95	2006,86	3,8	1,4	1		
00444+3337	STF 55		8,33	8,89	2006,86	330,6	2,21	2		
00497+1959	BRT2298		11,6	11,7	2006,77	198,8	3,52	1		
00550+2338	STF 73	AB	6,12	6,54	2006,86	321,2	1,09	2	O	ver notas
00586+4709	BRT 73		10,3	10,4	2006,77	70,4	4,69	1		ver notas
01074+1909	BRT2302		10,9	11,2	2006,77	132,1	4,64	1		
01232+2335	POU 124		11,8	13,6	2006,79	95,4	4,27	1		
01360+0739	STF 138	AB	7,5	7,63	2007,63	57,4	1,71	1		
01557+3620	HU 1033		9,37	9,74	2007,63	217	1,2	1		
01568-0655	BRT 353		11	11,3	2006,79	296,3	4,43	1		
02020+0246	STF 202	AB	4,1	5,17	2006,83	267	1,79	6	O	ver notas
02197+3232	HJ 648		10,42	11,8	2006,79	97,5	9,79	1		
02216+4436	STF 249		7,21	8,99	2006,77	195,2	2,43	2		
02217+3441	PTT 4	A-BC	10,53	11,52	2006,73	294,5	15,09	1		
02492-0203	BAL 19		10,6	10,7	2006,79	114,5	5,34	1		ver notas
03343+4512	J 2411		10,1	10,1	2006,82	59	6,42	1		
03362+2959	BU 1040		7,8	11,5	2006,82	338,4	3,54	1		
03401+3407	STF 425		7,52	7,6	2006,78	63,4	1,94	1		
03564+1606	J 1813		10,5	11,4	2006,82	120,7	6,48	1		
04112+2630	STF 502	AB	8,84	9,3	2006,84	246,4	16,4	1		
04112+2630	STF 502	BC	9,3	10,28	2006,84	304,2	11,03	1		
05103+3718	STF 644	AB	6,96	6,78	2006,85	224,1	1,51	1		
05167+1826	STF 670	AB	7,72	8,28	2006,78	165,7	2,6	1		
05171+1837	COU 38		10,15	10,4	2006,78	231,7	2	1		
05190+1847	COU 39		9,5	11,5	2006,78	309,5	5,84	1		
06001-0030	STF 827		7,87	11,35	2006,09	218,7	26,57	1		
06002+4311	STF 822		8,29	10,8	2006,09	54,2	15,48	1		
06013+6532	STF 812		6,7	11	2006,1	58	28,03	1		
06016+3631	STF 825	AB	7,9	9,08	2006,09	145,6	7,8	1		
06017+1240	BRT1191		10,7	10,7	2006,07	261,8	5,42	1		
06051+0053	STF 838		7,13	10,38	2006,09	329	40,84	1		
06065+1045	STF 840	A-BC	7,17	8,95	2006,1	248,3	21,44	1		
06096+0540	STF 859	AB	8,49	8,74	2006,09	242,8	44,68	1		
06113+3040	STF 861	A-BC	8,23	9,06	2006,1	19,8	62,1	1		

continúa en la página siguiente

INDICE WDS (1)	SISTEMA (2)	COMP (3)	M1 (4)	M2 (5)	ÉPOCA (6)	THETA (7)	RHO (8)	N (9)	CAT (10)	NOTAS (11)
06113+3040	STF 861	BC	9,06	9,25	2006,1	316,4	1,71	1		
06116+4843	STF 845		6,16	6,86	2006,09	357,4	7,58	1		
06117+1723	STF 867	AB	7,53	8,88	2006,1	163,8	2,22	2		
06121+2930	STF 862		7,55	10,84	2006,1	339	6,63	1		
07592+3325	COU1554		11,12	12,1	2006,07	102,8	3,39	1		
08018+3526	HJ 772		9,7	13	2006,07	42,6	13,1	1		
08453+1853	BRT2391		9,8	11,6	2006,07	41,7	7,39	1		
09063+4107	ES 599		10,13	12,9	2008,12	208,3	2,29	1	N	
09104+6708	STF1306	AB	4,87	8,85	2007,19	351,3	4,08	2	O	ver notas
09144+5241	STF1321	AB	7,79	7,88	2007,19	95,4	17,18	1	O	ver notas
09212+2728	BU 1422	AB	10,47	12,9	2008,11	358,8	2,02	1	N	
09212+2728	HJ 810	AC	10,47	10,7	2008,11	26,2	22,14	1		
09252+3254	POP 58		13	13	2008,12	107,1	3,09	2	C	
09273+3315	POP 146		10,31	12,3	2008,12	327,4	7,85	2	C	ver notas
09426+2908	BRT 19		12,74	12,85	2008,13	20,4	3,69	2	N	
09430+3751	MLB 841		12,62	10,3	2008,13	174,5	7,75	2	N	
09433+3625	ES 2107		11,59	12,6	2008,13	167,4	2,62	2	N	ver notas
09524+2659	STF1389		9,12	9,5	2006,06	292,7	2,49	1		
09527+2103	BRT2402		12,96	12,94	2007,63	323,9	4,42	2	C	
09538+2738	BRT 20		11,8	12,1	2006,06	326,6	4,03	1		
09561+2741	BRT 22		11,39	12,2	2007,63	245,7	3,55	2	N	ver notas
09568+2232	POU3064		12,8	13,6	2008,13	183,3	5,71	2	C	ver notas
10002+0615	STF1401		7,69	10,53	2006,26	20,6	23,84	1		
10015+6843	STF1398		8,09	11,39	2006,26	106,9	3,81	1		
10029+6847	STF1400	AB	8,02	9,77	2006,26	226	3,37	1		
10049+5529	STF1402	AB	7,91	8,92	2006,26	105,5	32,62	1		
10056+3105	STF1406		8,37	9,42	2006,28	218	0,81	1		
10059+3935	STF1405		7,3	11,76	2006,27	252,3	21,85	1		
10181+2731	STF1421		8,19	9,12	2006,27	331,2	4,54	1		
10200+1950	STF1424	AB	2,37	3,64	2006,26	125,3	4,66	1	O	ver notas
10200+1950	STF1424	CD	9,64	10,62	2006,26	2,3	90,18	1		
10256+0847	STF1431		7,76	9,07	2006,27	70,3	3,56	1		
10270+2941	STF1432		7,84	10,28	2006,27	120,9	28,46	1		
10320+2202	STF1442		8,18	8,54	2006,27	156,2	13,19	1		
10344+2136	STF1448	AC	7,54	9,55	2006,74	260,2	10,93	2		
10350+0839	STF1450		5,8	7,9	2006,28	158,1	2,08	2		
10383+0115	STF1456		8,24	9,75	2006,28	44,1	13,77	1		
10387+0544	STF1457		7,69	8,16	2006,28	332,4	1,84	1		
10402+3824	STF1459		8,34	8,85	2006,28	151,8	5,31	1		
10433+0445	STF1466	AB	6,23	7,13	2006,28	239,9	6,71	1		
10446+2401	POU3087		13,6	14,5	2008,13	285,4	4,43	2	C	
10467+3538	ES 1737		11,62	11,7	2008,13	290,5	2,06	2	N	
10493-0401	STF1476		7,08	7,82	2006,28	14,6	2,41	1		

continúa en la página siguiente

INDICE WDS (1)	SISTEMA (2)	COMP (3)	M1 (4)	M2 (5)	ÉPOCA (6)	THETA (7)	RHO (8)	N (9)	CAT (10)	NOTAS (11)
10522+0728	STF1482	AB	8,25	9,2	2006,28	305,6	12,06	1		
10531+3812	ES 1640		12,32	12,55	2008,13	232,6	3,08	2	N	
10556+2445	STF1487		4,48	6,3	2006,28	111,8	6,53	1		
10559+2339	POU3092		14	14,3	2008,13	236,3	3,79	2	N	ver notas
11030+4033	ES 1398		10,53	14,3	2008,14	337,4	2,82	2	N	
11261+5023	KUI 121		10,09	13,9	2008,14	269,5	4,92	2	C	
11303+4115	ES 1399		11,6	11,7	2008,14	123,9	3,14	2	N	ver notas
11329+2408	POU3105		11,7	11,8	2006,11	208,1	3,37	1		
11412+2719	MLB 645		12,4	13,4	2006,11	153,3	2,18	1		
11436+1808	COU 26		12,1	12,5	2006,11	277,4	2,6	1		
11460+4004	A 1997		9,74	13,9	2008,15	274,7	3,8	1	N	
11579+2724	A 561		10,37	12,6	2008,15	9,1	2,27	1	N	
12207+3500	HO 536		9,59	11,33	2007,27	93,9	3,83	1		
12211+0323	BAL2387		10,75	11,2	2007,27	206,7	9,25	1		
12217+0333	HU 737		9,62	10,08	2007,27	52	2,68	1		
12223+0318	STT 247		8,7	13,5	2007,27	43,6	13,41	1		
13169+0211	AG 186		9,48	10,37	2007,27	307,1	3,82	1		
13174+0300	J 435		9,38	9,56	2007,27	150	3,67	1		
14004+3658	STF1796		9,81	10,57	2007,27	194	2,43	1		
14008+1754	COU 59	AB	10,55	13,8	2006,29	169,2	8,16	1		
14037+0243	AG 192		10,48	11,2	2007,27	8	3,04	1		
14040+0307	BAL2397		12,03	12,73	2007,27	61,8	3,63	1		
14286+0144	BAL1899		10	10,2	2006,29	236,7	6	1		
14287+2404	POU3170		10	10,5	2006,29	150,8	3,46	1		
18072+4430	BRT1914		10,6	10,8	2006,74	158,2	3,97	1		
18186+4104	BRT1915		10	10,9	2006,72	12,1	4,48	1		
18329+1529	J 2100		12,1	12,3	2006,54	356,2	6,84	1		ver notas
18376+0833	J 2916		9,6	13,5	2006,56	40,4	6,09	1	C	ver notas
18446-0636	J 2674		11,11	13,6	2006,56	126,4	5,53	1	C	ver notas
18504+1241	J 469		9,5	10	2006,56	107,6	3,08	1		ver notas
18545-0354	J 3261		12	13	2006,56	25,3	3,62	1		ver notas
18547-0912	J 2240		11,07	11,1	2006,61	236,3	4,55	1	C	ver notas
18561-0914	J 2242		10,96	14,5	2006,61	128,5	4,78	1	C	ver notas
19000+1253	STF2426	AB	7,45	8,96	2006,54	261,6	16,39	1		
19000+1253	STF2426	BC	8,96	13,5	2006,54	176,3	4,7	1		
19014+2431	POU3653		13,9	14	2007,53	293	7,94	1		
19041+1258	J 2940		10	13,2	2006,54	132,1	5,34	1	C	ver notas
19050+1302	J 478		11,2	11,1	2006,54	346,2	2,01	1		
19056+2848	J 2942		11,6	12,8	2006,56	60,6	6,66	1	C	ver notas
19057+2849	LOS 8		11,6	13,8	2006,56	339,1	4,8	1	D	ver notas
19097+2112	J 2946		9,6	10,2	2006,56	54,7	4,37	1	C	ver notas
19121+4951	STF2486	AB	6,54	6,67	2006,64	205,7	7,34	3	O	ver notas
19170-0713	BRT 492		10,07	10,86	2006,74	188,9	5,12	1		

continúa en la página siguiente

INDICE WDS (1)	SISTEMA (2)	COMP (3)	M1 (4)	M2 (5)	ÉPOCA (6)	THETA (7)	RHO (8)	N (9)	CAT (10)	NOTAS (11)
19345+1314	J 2981		11,8	11,8	2006,54	87,3	4,38	1		ver notas
19554+2449	J 1156	AB	11,2	11,3	2006,72	226,7	3,25	1		
19554+2449	J 1156	AC	10,6	13,5	2006,72	305,2	18,02	1		
20001+1636	J 1204	AB	9,3	12	2006,56	235	40,19	1	C	ver notas
20001+1636	J 1204	BC	12	13	2006,56	271,1	1,93	1	C	ver notas
20014+1045	STF2613	AB	7,48	8,02	2007,63	354	3,65	3	O	ver notas
20137+1609	STF2651		8,41	8,44	2007,63	279,7	1,02	1		
20186+1100	STF2662		8,69	10,3	2007,63	37,2	1,8	2		
20360+0411	J 2192		9,9	12,5	2006,54	16,8	4,87	1		ver notas
20449+1219	STF2723	AB	7,01	8,3	2007,63	138,1	0,97	1		
21069+3845	STF2758	AB	5,2	6,05	2006,64	151	31,03	3	O	ver notas
21209+0307	BU 838		7,92	10,02	2007,67	151,3	1,62	5		
21289+1105	STF2799	AB	7,37	7,44	2006,73	259,4	1,88	1	O	ver notas
21289+1105	STF2799	AC	7,37	10,2	2006,73	331,7	136,39	1		
21314+4004	HO 161		7,54	11,05	2006,68	12	2,68	1		
21328+3901	MLB 989		10	10	2006,68	159,7	3,01	1		
21504+2303	J 3147		12,4	12,4	2006,63	219,2	5,12	1	N	ver notas
22177+3851	MLB 794		10,82	11,3	2006,75	348,4	6,97	2		
22327+3936	COU1834		10,73	12,8	2006,75	37	1,7	2		ver notas
22355+3953	ES 1698		10,1	11,8	2006,74	27,1	2,6	1		
22578+3840	HJ 1832		9,81	10,2	2006,72	73,5	11,24	1		
23268+2057	COU 241		11,07	13,9	2006,68	10,3	3,38	1		
23461+3030	J 626		11,6	12,6	2006,61	234,9	6,01	1	N	ver notas

TABLA 2: NOTAS

INDICE WDS	SISTEMA	COMP	NOTAS
00014+3937	HLD 60		o-c 2006,773: -0°79 / +0°07 Hei1963a (Gr 4)
00052+0204	J 1801		Identificación incorrecta en WDS 2006,5 como TYC 1-659-1 Posición actual J2000 es 00:05:05,54 +02:03:37,1
00057+4549	STT 547	AB	o-c 2006,768: +0°1 / +0°0 Kiy2001 (Gr 4) o-c 2006,768: -0°2 / +0°10 Pop1996b (Gr 4)
00550+2338	STF 73	AB	o-c 2006,858: +2°0 / +0°08 Doc1990b (Gr 2). Figura 2.
00586+4709	BRT 73		B es ligeramente más brillante (KAF400 sin filtro) Inversión de cuadrantes con respecto a las mediciones históricas.
02020+0246	STF 202	AB	o-c 2006,829: +0°1 / -0°01 Sca1983f (Gr 4). Figura 3.
02492-0203	BAL 19		B es 0,3 mag. más brillante (KAF400 sin filtro) Cuadrante invertido para concordar con las mediciones históricas.
09104+6708	STF1306	AB	o-c 2007,190: +0°4 / +0°03 Sca1985c (Gr 5)
09144+5241	STF1321	AB	o-c 2007,190: +0°2 / +0°13 Chg1972 (Gr 4)
09273+3315	POP 146		Identificación incorrecta en WDS 2006,5 como TYC 2497 1514 1 Posición actual J2000 es 09:26:42,05 +33:18:36,4
09433+3625	ES 2107		Localización errónea en WDS, es la misma que HDS1403. Hipparcos indica un alto MP, necesita posteriores análisis. ¿Sistema MPC?
09561+2741	BRT 22		Identificación incorrecta en WDS 2006.5 como TYC 1967 772 Es TYC 1967 498.
09568+2232	POU3064		Muestra un movimiento común entre placas POSS I y POSS II Requiere posterior examen de los datos disponibles.

continúa en la página siguiente

INDICE WDS	SISTEMA	COMP	NOTAS
10200+1950	STF1424	AB	o-c 2006,264: -0°1 / 0°22 Rab1958 (Gr 4). Muestra residuos sistemáticos. Una órbita más reciente ofrece resultados que concuerdan mejor con la medida: 0-c 2006,26: -0.2° / +0°06 WSI2006b (Gr 4)
10559+2339	POU3092		La posición exacta es 10:55:57,63 +23:38:29,7 Sistema MPC.
11303+4115	ES 1399		Identificación incorrecta en WDS 2006,5 como TYC 3015-2278, la posición actual es 11:30:19,58 +41:15:28,3
18329+1529	J 2100		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 18:32:47,47 +15:30:54,7
18376+0833	J 2916		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 18:37:41,34 +08:31:29,7
18446-0636	J 2674		Identificación incorrecta en WDS 2006,5 como TYC 5125-3109-1. Posición actual J2000 es 18:44:34,80 -06:34:30,6
18504+1241	J 469		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 18:50:24,77 +12:43:33,8
18545-0354	J 3261		Dos minutos y medio al Oeste de la posición indicada en WDS 2006.5. Posición actual J2000 es 18:54:23,46 -03:54:19,3
18547-0912	J 2240		Identificación incorrecta en WDS 2006,5 como TYC 5706-480-1. Posición actual J2000 es 18:54:47,95 -09:10:48,3
18561-0914	J 2242		Un minuto al NE de la posición indicada en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 18:56:13,25 -09:12:26,4
19041+1258	J 2940		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 19:04:06,48 +12:56:19,6
19056+2848	J 2942		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 19:05:40,55 +28:49:42,8
19057+2849	LOS 8		Componente cerrada de J2942 Posición J2000:19:05:40,55 +28:49:42,8
19097+2112	J 2946		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 19:09:53,28 +21:08:40,9
19121+4951	STF2486	AB	o-c 2006,638: +0°2 / -0°05 Hle1994 (Gr 5)
19345+1314	J 2981		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 19:34:50,77 +13:16:16,2
20001+1636	J 1204	AB	No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 19:59:56,10 +16:36:18,0
20001+1636	J 1204	BC	No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición J2000 del par BC:19:59:53,81 +16:35:54,9
20014+1045	STF2613	AB	o-c 2007,625: +2°1 / -0°52 Hop1973b (Gr 5) Esta órbita muestra residuos sistemáticos.
20360+0411	J 2192		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 20:36:31,14 +04:15:22,1
21069+3845	STF2758	AB	o-c 2006,638: -0°1 / -0°12 Kis1997 (Gr 4)
21289+1105	STF2799	AB	o-c 2006,727: -0°4 / +0°15 Pop1987 (Gr 4) A es ligeramente más débil (KAF400 sin filtro)
21504+2303	J 3147		No se dan coordenadas J2000 en WDS 2006.5 Posición actual J2000 es 21:50:17,25 +23:04:22,7
22327+3936	COU1834		Un débil objeto (243°6/3°64) de aproximadamente 14 magnitud es visible en el campo.
23461+3030	J 626		Identificación incorrecta en WDS 2006,5 como TYC 2767-1425. Posición actual J2000 es 23:46:07,82 +30:26:25,3

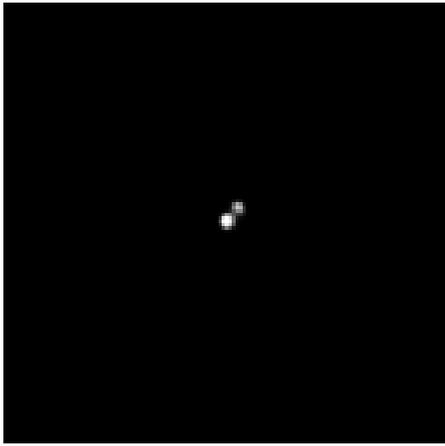


Figura 2: STF 73 AB

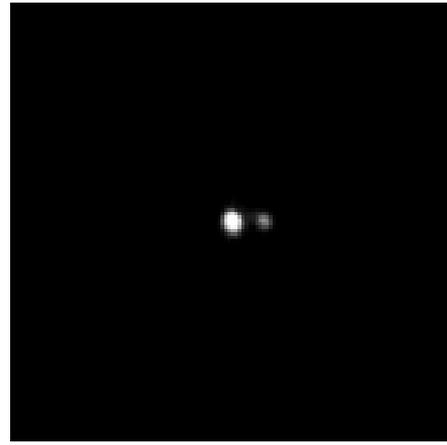


Figura 3: STF 202 AB.

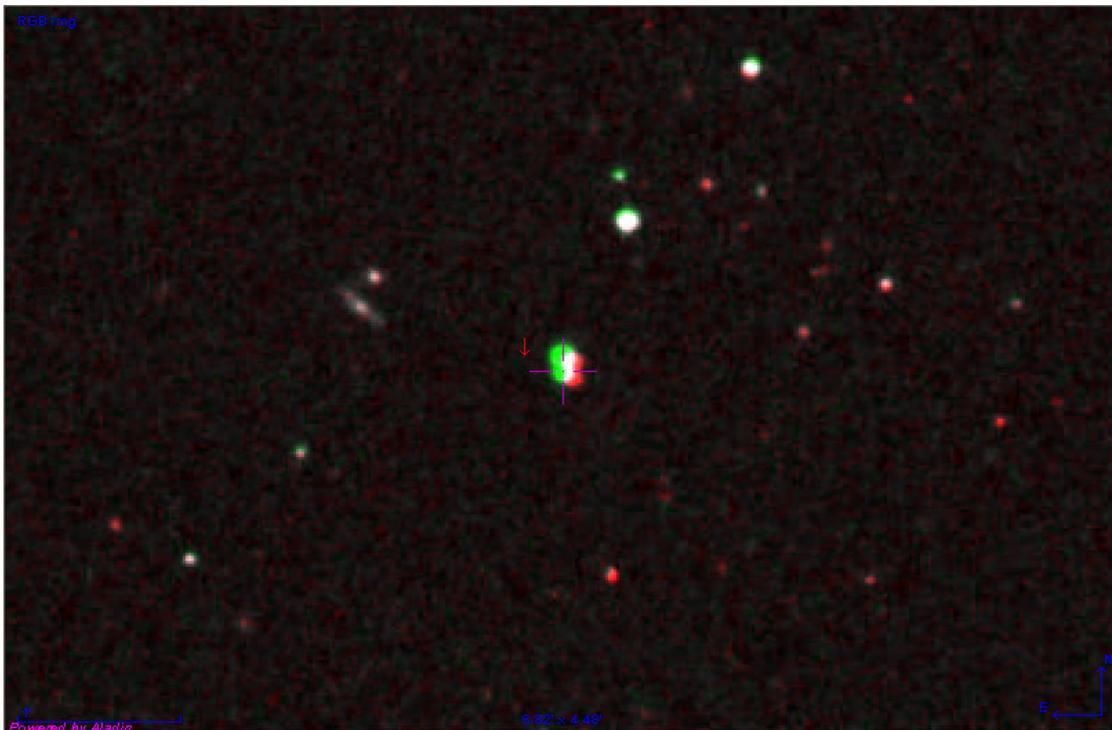


Figura 4: Sobre esta imagen compuesta de POU3064 creada con Aladin se constata claramente el desplazamiento común del sistema en menos de cuarenta años. El plano verde procede de POSS I y el rojo de POSS II.

Medidas de estrellas del catálogo LDS

Measurements of LDS Catalogue's double stars

por *Juan-Luis González Carballo*

Agrupación Astronómica de Sabadell (España) · carballo@eresmas.net

Presentamos las medidas theta y rho de 24 estrellas dobles del catálogo LDS, 12 de las cuales son sistemas abandonados desde su fecha de catalogación. Algunas de las estrellas poseen magnitudes muy débiles, superando la magnitud 17.

This report contains theta/rho measurements of 24 different double stars systems of the LDS Catalogue, 12 of them are neglected. Some are very faint pairs.

Introducción

A finales de febrero de este año pude disfrutar de una noche especialmente buena para la observación astronómica: cielo completamente despejado, noche fresca y buen *seeing*. Recuerdo que llevaba bastante tiempo sin poder observar porque el invierno estaba siendo bastante lluvioso y nuboso. Así que, aquella noche que parecía prometer, monté el telescopio y un nuevo parasol anti-humedad que, con ayuda de mi padre, había construido unos días antes (y que resultó esencial para llevar a buen término las observaciones de aquella noche). A continuación me lancé a capturar estrellas neglected en la constelación de Camelopardalis. Llevaba ya tres o cuatro cuando, a mitad de la sesión, observé en la pantalla del Sky-Map que justo encima de la estrella gamma Cam aparecía una estrella llamada LDS4222 cuya componente principal era de la 13^a magnitud. Me pillaba cerca así que me dispuse a localizarla y a fotografiarla. En el lugar desde donde suelo observar no dispongo de conexión a Internet, así que no podía saber los parámetros de este par; actuaba, por tanto, a ciegas. Tras descargar las primeras imágenes era evidente que la secundaria no aparecía por ningún lado. Es normal, pensé, es de todos conocido que buena parte de las estrellas del catálogo LDS son muy débiles. Así que fui aumentando las exposiciones, pasando de los 10" a los 25", pero seguía sin aparecer nada en las cercanías de una notable estrella que, efectivamente, parecía rondar la magnitud 13^a. Llegados a este punto me planteo el asunto y pienso en tres posibilidades: a) la secundaria era de una magnitud muy débil, excepcionalmente débil; b) la separación del sistema era tal que la secundaria no aparecía recogida en el pequeño chip de mi CCD, y c)

el sistema era muy cerrado, de manera que la componente B aparecía eclipsado por el brillo de la principal. Podía ser cualquiera de ellas, pero me decanté por hacer exposiciones de 20 segundos, una tanda de 50 capturas y ya averiguaría más tarde qué era lo que había encontrado. La noche continuó con otro buen puñado de estrellas abandonadas bastante prometedoras.

Cuando regresé a casa, una de las primeras cosas que hice fue entrar en el WDS y comprobar el brillo de la componente B del sistema. ¡Magnitud 18! Ahora estaba claro el porqué de mi fracaso al intentar capturarla. Me preguntaba si sería posible, sumando imágenes, obtener la débil señal de este sistema. Manos a la obra con Astroart. Primero lo intenté con sumas de 10 imágenes y allí estaba: cerca de la brillante componente A comenzaron a vislumbrarse algunos débiles píxeles que parecían prometer. A continuación con sumas de 15 y, pese a su débil señal, la estrella B parecía revelarse. ¿Coincidirían los parámetros obtenidos con lo que aparece en el WDS? Procesé las imágenes obtenidas del proceso anterior, esta vez con Astrometrica, realizando sólo 3 sumas de 15 imágenes cada una, en lugar de las 5 habituales, y... ¡sorpresa! Obtenía parámetros coherentes y casi sin desviación entre ellos. ¡¡Había medido con éxito una estrella que rondaba la magnitud 18!!

Desde entonces han sido las estrellas del catálogo LDS las que me han atrapado a mí. Me propuse planificar unas cuantas sesiones de observación dedicadas exclusivamente a capturar algunas de estas estrellas. El trabajo parecía apasionante... pero no conté con el mal tiempo. Hemos sufrido por estas latitudes de una de las

primaveras más inestables que recuerdo. Las precipitaciones han sido muy escasas, sin embargo la nubosidad ha sido la protagonista indiscutible de estos meses. Sumado a que sólo puedo observar contados días de la semana... las 50 estrellas seleccionadas se han quedado en 24. No obstante, creo que es un buen número para publicar, sobre todo teniendo en cuenta la dificultad de muchas de ellas.

Las medidas presentadas: equipamiento, metodología y resultados

Presentamos a continuación las medidas theta y rho de 24 sistemas descritos en la catálogo de Luyten. La mitad, doce de ellos, son estrellas abandonadas (*neglected*) disponiéndose, hasta ahora de tan sólo la medida citada en el catálogo original.

Todas las estrellas objeto de estudio se capturaron en la primavera de 2009 usándose para ello el equipo habitual de este autor: un Schmidt-Cassegrain de 203 mm. con montura Vixen GPDx y cámara CCD Atik 161C, refrigerada termoeléctricamente que posee el chip SONY ICX424AL monocromo, ofreciendo imágenes de 659x494 píxeles. El tamaño del píxel es de 7,4 μm y su ruido de lectura es verdaderamente bajo. Prácticamente para todas las dobles estudiadas se ha empleado la configuración a foco primario, obteniendo en ese caso una focal 2236 mm. y un campo de 7,5'x5,6' con una resolución de 0,69 "/píxel. Para algún par muy separado se utilizó un reductor de focal Atik 0.5x (en cuyo caso, la resolución es de 1,17"/píxel, campo de 12,9'x9,6' y una focal de 1305 mm.).

Para procesar la información se siguió, como norma general, el siguiente proceso: captura de unas cincuenta imágenes de cada par y, posteriormente, apilado de éstas hasta obtener cinco imágenes independientes (cada una de ellas es, por tanto, la suma de unas 10) usando Astroart 3.0. Para las mediciones utilicé el programa Astrometrica v4.5.1.377 de Herbert Raab junto con el catálogo UCAC2, cuando fue posible. En algún par muy cerrado, como es el caso de LDS1261 y LDS1817, se utilizó Reduc, el fantástico software creado por Florent Losse. Una vez obtenida la astrometría absoluta de cada imagen se utilizaba una tabla de Excel con los algoritmos que permitían calcular el ángulo de posición (AP, theta) y la separación (SEP, rho) de cada una de los sistemas. Posteriormente se promediaban los cinco resultados obtenidos para, de este modo, obtener una única medida de cada par. Las desviaciones obtenidas eran mínimas.

La selección de estrellas se realizó en función de dos condicionantes: la separación del sistema (con la configuración óptica actual de mi equipo tengo grandes dificultades para resolver

Luyten y las estrellas dobles

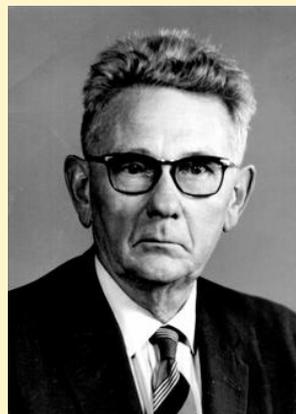
Las siglas LDS se corresponden en el WDS al catálogo que Willem Jacob Luyten publicó entre 1969 y 1987 en la Universidad de Minnesota. Se trata de 6121 estrellas binarias que tienen la característica común de poseer un elevado movimiento propio común. Fueron observadas entre 1940 y 1987. Si por error aparecía alguna estrella duplicada en el catálogo, Luyten mantenía el nombre de la primera pero pasaba los datos a la segunda; la única excepción es LDS6166 que es la duplicación de LDS5662, si bien presenta una componente adicional. Él mismo eliminó de su catálogo algunas, pocas en realidad, al demostrarse que eran pares ópticos. La inmensa mayoría son estrellas dobles, si bien hay también 87 triples y 1 sistema cuádruple.

Luyten pertenece a la segunda generación dorada de astrónomos holandeses. Estudió en la Universidad de Amsterdam; luego hizo el doctorado en la de Leiden. Fue el primer alumno de doctorado de Enjar Hertzsprung, pero también se benefició de la presencia allí de Kuiper, Oort y otros grandes de la brillante escuela holandesa de astrofísica del primer cuarto del siglo XX. Cuando en 1921 decidió hacer las maletas y marcharse a EE.UU. tenía 22 años. Le siguieron muchos de sus discípulos y profesores. Y a esa edad, se podía decir que ya era un hombre de mundo. Quizá porque había nacido en Java, en las Indias Orientales holandesas, donde residió hasta los 12 años. Quizá por su facilidad para aprender idiomas. Quizá por la exquisita educación que recibió. Quizá por todo ello, se convirtió, recién doctorado en una de los astrofísicos más prometedores de su tiempo.

En EE.UU. trabajó, recién llegado, en el Observatorio Lick (California). Allí trabajaba el gran doblista Robert Grat Aitken, que trabajaba en la localización de pares estelares muy cerrados. En 1932 vio la luz el monumental Aitken Double Stars Catalogue, comúnmente conocido como ADS, que sumaba la friolera cifra de 17.180 estrellas dobles. En 1923, Luyten se trasladó al Observatorio del Harvard College, donde estuvo hasta 1928 y donde pudo codearse con Harlow Shapley. Los tres años siguientes los pasó en Sudáfrica, en el Observatorio de Bloemfontein. Esa estancia resultaría trascendental en su vida. Primero porque allí conoció a la que sería su esposa durante el resto de su vida, Willemina Miedema y, en segundo lugar, porque fue allí cuando comenzó a interesarse en los sistemas estelares que mostraban un elevado movimiento común. Ambas pasiones, Willemina y las dobles con elevado movimiento común, le ocuparían el resto de su vida.

De regreso a EE.UU. obtuvo una plaza de profesor en la Universidad de Minnesota, donde permaneció hasta su jubilación.

Su trabajo no sólo estuvo centrado en las estrellas dobles, también se interesó en la detección de estrellas cercanas al Sol, una verdadera obsesión que le llevó a descubrir un buen puñado de ellas (como la conocida como "Estrella de Luyten" o el sistema Luyten 726-8, que contiene la 6ª estrella más cercana al Sol), o en el perfeccionamiento de las técnicas de paralaje para afinar lo máxima posible del diagrama



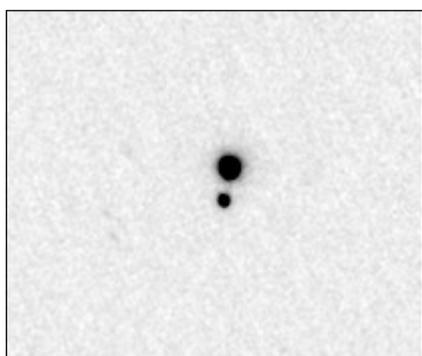
HR. Resulta irónico que un astrónomo de su talla sólo tuviera un ojo útil... el otro lo perdió en un partido de tenis. Aun así, supo exprimir al máximo su agudeza visual. Y es que no sólo nos legó el famoso LDS, son otros muchos los catálogos que aportó a la ciencia astronómica: el LFT, el LHS, el LTT o el NLTT.

Murió a la avanzada edad de 94 años.

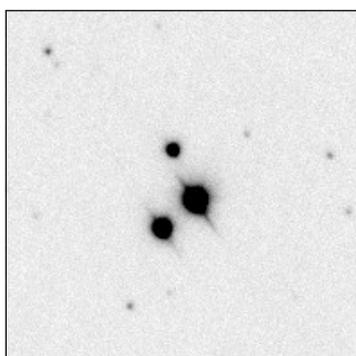
Photo by Kallman Studio

MEDIDAS DE ESTRELLAS DOBLES DEL CATÁLOGO LUYTEN (LDS)

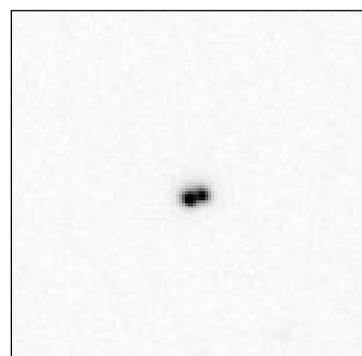
DESIGN. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	MPC. A	MPC. B	ÉPOCA	THETA	RHO	NOTAS
00243+7711	LDS1506	11,31	14,10	-838/45	-838/45	2009,1209	62,0°	11,1"	
02565+5526	LDS5401	10,61	11,86	730/-454	714/-456	2009,1209	21,3°	16,7"	
11285+5644	LDS1261	14,80	15,30	986/-537	-	2009,1211	320,7°	2,7"	1
13349+7430	LDS1775	9,86	13,24	-435/-20	-438/-20	2009,1212	324,7°	14,1"	
16357+8521	LDS1854	13,80	15,90	843/-74	-	2009,1212	142,9°	8,9"	
12303+2858	LDS4222	13,06	18,00	-25/11	-36/6	2009,1458	222,3°	10,7"	2
10201+7421	LDS1710	12,61	13,00	-293/-17	-	2009,2362	289,5°	4,1"	3
10020+7551	LDS1707	13,00	15,80	-430/-37	-	2009,2361	66,4°	10,5"	4
10223+7546	LDS1712	10,34	16,50	107/24	-	2009,2360	80,7°	34,6"	
10549+7741	LDS1722	9,13	16,2	-73/37	-	2009,2360	256,0°	14,9"	
17444+5819	LDS1451	15,70	16,80	-78/-154	-	2009,2692	125,0°	13,3"	5
17235+5623	LDS4741	13,60	13,70	-90/98	-	2009,2692	208,6°	87,1"	6
15081+7341	LDS1810	14,50	15,30	778/-78	-	2009,2770	117,9°	8,3"	7
15188+1738	LDS1817	16,70	17,40	-142/122	-	2009,2771	26,5°	3,2"	8
15587+5723	LDS2364	9,70	14,80	184/-185	-	2009,2774	358,4°	26,9"	9
15353+6005	LDS2723	9,30	14,80	171/-163	166/-160	2009,2772	97,7°	42,5"	10
15391+5812	LDS2725	16,60	17,30	-130/15	-	2009,2772	276,4°	6,3"	11
20306+5817	LDS1473	10,00	14,80	-29/-116	-	2009,4963	219,3°	65,4"	
20311+5814	LDS4849	16,30	17,70	-337/-83	-	2009,4963	209,2°	10,2"	
20547+3046	LDS2934	9,68	16,18	151/59	151/59	2009,5017	177,1°	10,8"	
21020+3052	LDS2937	9,32	14,80	-38/-64	-	2009,5017	139,6°	55,8"	
20523+3038	LDS6417	9,60	16,43	-34/-161	-34/-165	2009,5016	295,0°	229,0"	12
21508+2931	LDS2938	10,32	16,80	-46/-92	-	2009,5016	246,4°	23,4"	



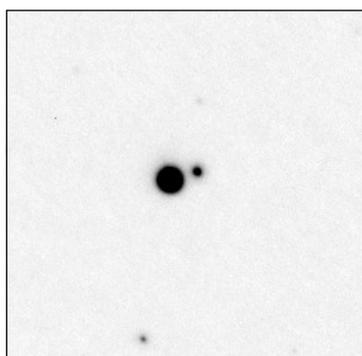
LDS1506
62,0° / 11,1"



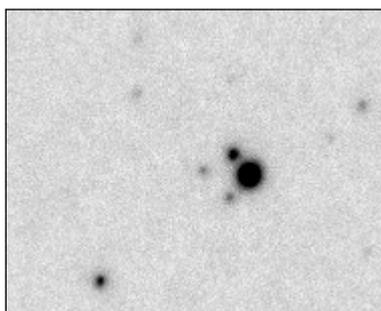
LDS5401
21,3° / 16,7"



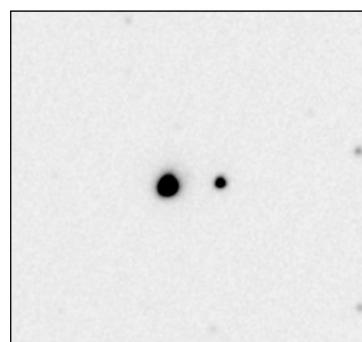
LDS1261
320,7° / 2,7"



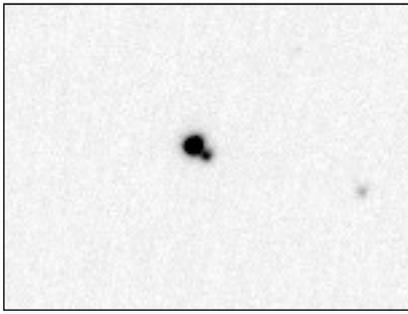
LDS1775
324,7° / 14,1"



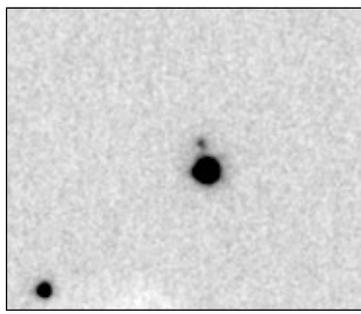
LDS1854
142,9° / 8,9"



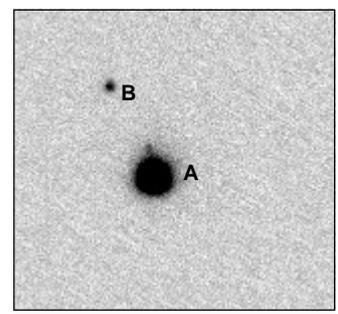
LDS1962
167,0° / 26,2"



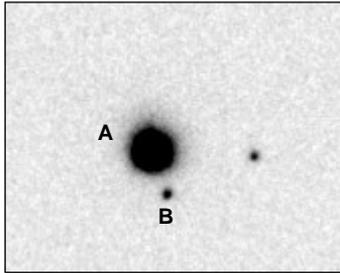
LDS1710
289,5° / 4,1"



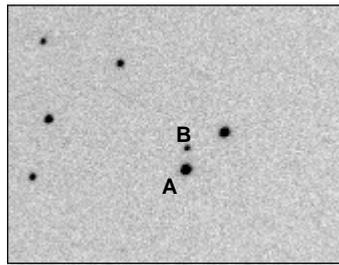
LDS1707
66,4° / 10,5"



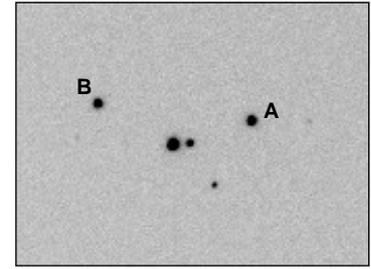
LDS1712
80,7° / 34,6"



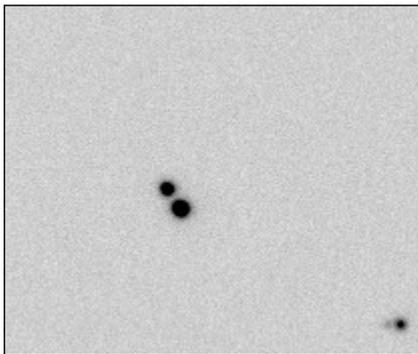
LDS1722
256,0° / 14,9"



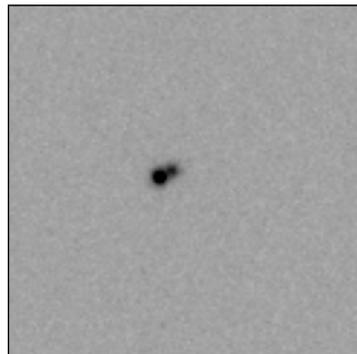
LDS1451
125,0° / 13,3"



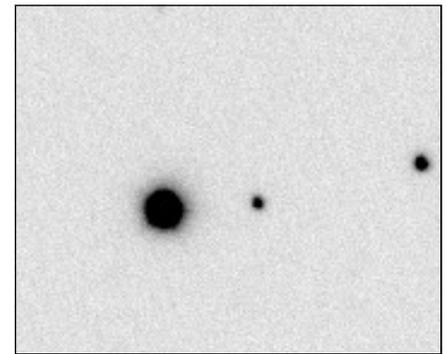
LDS4741
208,6° / 87,1"



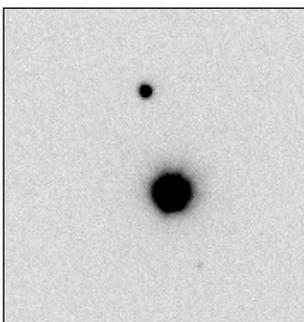
LDS1810
117,9° / 8,3"



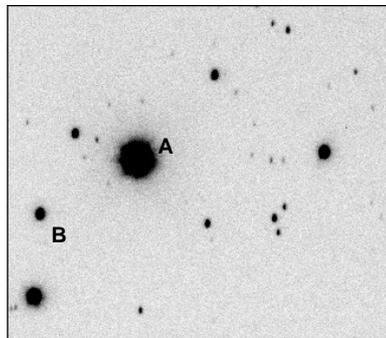
LDS1817
26,5° / 3,2"



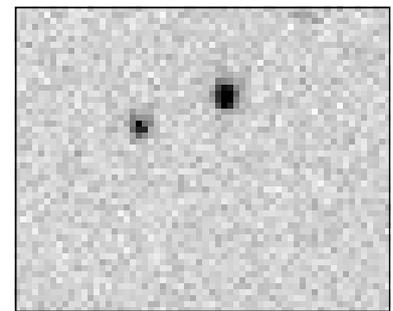
LDS2364
358,4° / 26,9"



LDS2723
97,7° / 42,5"



LDS1473
219,3° / 65,4"



LDS4849
209,2° / 10,2"

sistemas inferiores a los 3" de separación) y su ubicación en el cielo primaveral; además, diseñé un programa de estrellas del catálogo LDS cercanas unas de otras, lo cual facilitaba, en gran medida, su localización (ya que no dispongo de una montura computerizada con función *goto*).

La localización de la mayoría de los pares resultó costosa. Hemos de tener en cuenta que muchas de ellas tienen, incluso para la componente principal, magnitudes muy débiles, lo que me obligaba a localizarlas visualmente por aproximación, ya que no las veía a través del ocular. No obstante, la experiencia adquirida durante años de dedicación a las estrellas variables para localizar campos estelares y, sobre todo, la creación de buenas cartas de localización, permitió que la mayoría fueran *cazadas* sin problemas. Se me resistieron algunos pares que resultó imposible localizar. Ese es uno de los puntos débiles de las estrellas de Luyten: son frecuentes los sistemas perdidos. No hay nada parecido a una estrella doble en las coordenadas marcadas ni en sus cercanías. Debe tratarse de errores en el catálogo original ya que, incluso con importantes movimientos propios, los errores de posición superan con creces las posibles desviaciones.

Igualmente, algunas de las magnitudes observadas, especialmente para las componentes B de los sistemas descritos, parecen ser más brillantes de lo esperado. Aunque no he utilizado filtro fotométrico alguno, es evidente que se trata de una casuística real, más allá de la respuesta a las distintas bandas de mi cámara. En algunos casos, la diferencia observada es de hasta 2 magnitudes.

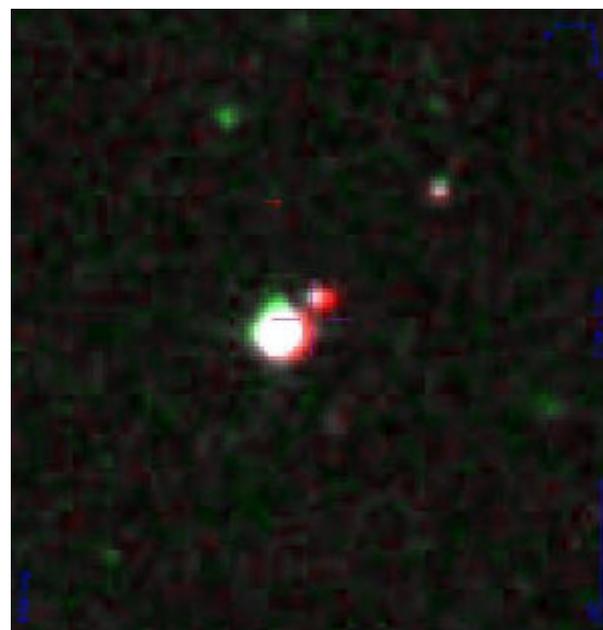
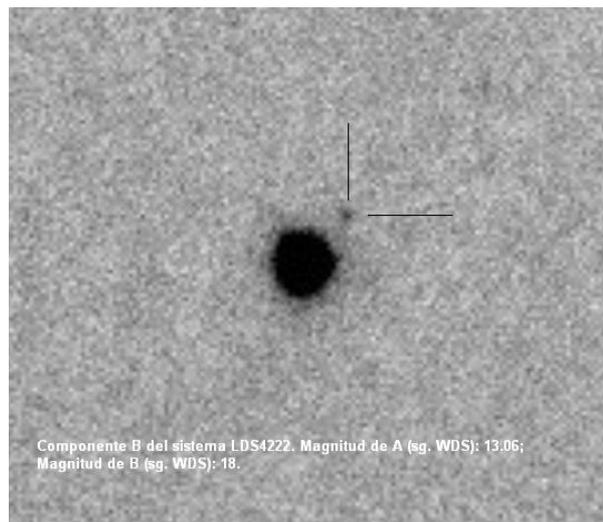
La tabla de la página 55 muestra los resultados obtenidos. Aparece ordenada según la fecha de observación. Las columnas indican los parámetros habituales: designación del WDS, nombre de la estrella en el catálogo LDS, magnitud de las componentes A y B en el WDS, época, medida de theta, medida de rho y notas. He creído conveniente incluir, además, el movimiento propio común (mpc) de las componentes del sistema, ya que es la señal de identidad de este catálogo. Constituye una verdadera delicia constatar el rápido movimiento de estas estrellas a través de las placas de Aladin con respecto a las obtenidas por el autor.

Finalmente agradecer a Francisco Rica sus comentarios respecto a LDS 4222 que se citan en la nota nº 2 del final de este artículo. ©

Notas

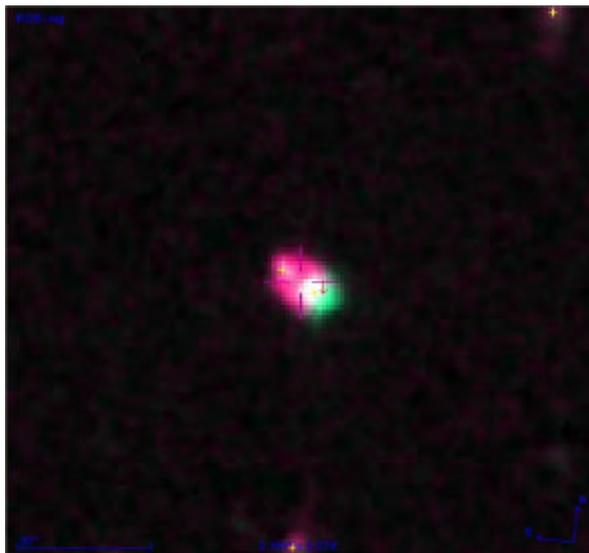
- 1: Estrella abandonada, medida con Reduc.
- 2: Estrella abandonada. Se trata de **LDS4222**, la estrella que me introdujo en este proyecto. La componente B figura en el WDS como de magnitud 18 y sólo medida en 1960. Fue un auténtico

reto poder observarla y medirla. En una comunicación privada, Francisco M. Rica Romero me informó que había realizado un estudio fotométrico detallado usando el Sloan Digital Sky Survey (SDSS) con sus 5 bandas ópticas (U, G, R, I, Z) que parecen indicar que, en función de la respuesta del chip de la CCD, pudiera ser, incluso más débil. Además, la componente B se hace más débil según se observan las magnitudes cercanas a la zona roja del espectro, lo que parece indicar que estamos ante una enana blanca caliente. La primera de las imágenes es la ampliación de una de las sumas de 15 imágenes obtenidas la noche de la observación. La segunda es la placa del Aladin donde puede observarse el movimiento propio del sistema.



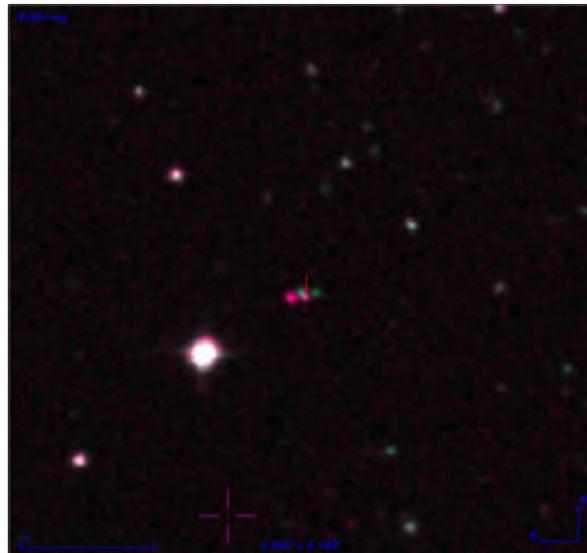
- 3: Estrella abandonada.
- 4: Estrella abandonada; el WDS indica que su identificación es incierta. Creo haberla localizado en las cercanías de las coordenadas marcadas por el WDS. Son las estrellas GSC2102223186 y

GSC21022233314 (cuyas coordenadas son, respectivamente: 100214.604+755159.6 y 100216.801+755203.6).

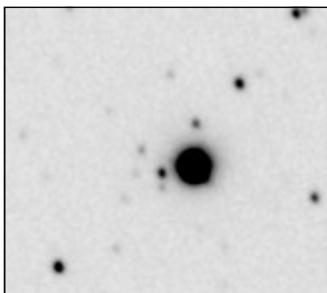


- 5: Estrella abandonada.
- 6: Estrella abandonada.
- 7: Estrella abandonada.
- 8: Estrella abandonada.
- 9: Estrella abandonada; ángulo de posición invertido.
- 10: Estrella abandonada.
- 11: Estrella abandonada. Según el WDS es una

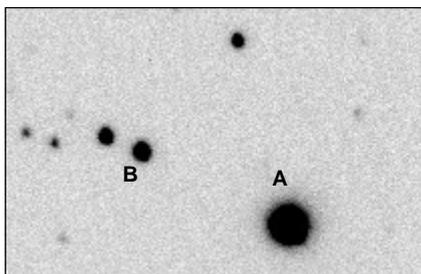
estrella de identificación incierta. Creo haberla localizado en las cercanías de las coordenadas marcadas por el WDS. Se trata de las estrellas GSC1122310859 y GSC1122310860 (cuyas coordenadas son, respectivamente: 153904.314+581115.44 y 153903.512+581116.02). La primera de ellas, la componente A del sistema, es una enana blanca según el SDSS.



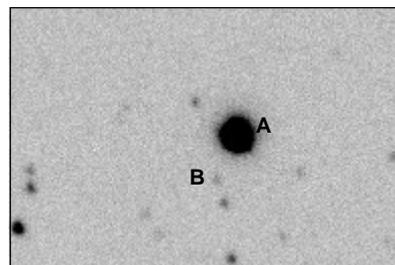
- 12: Estrella abandonada.



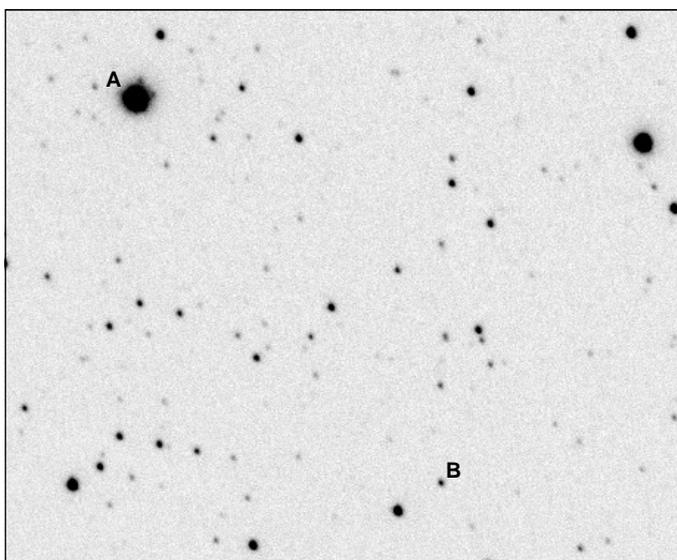
LDS2934
177,1° / 10,8"



LDS2937
139,6° / 55,8"



LDS2938
246,4° / 23,4"



LDS6417
295,0° / 229,0"

Midiendo estrellas dobles en la Corona Boreal

Double stars measures in Corona Borealis

por Nacho Novalbos

ignacio.novalbos@yahoo.es

En este artículo se presentan las medidas CCD de 35 sistemas dobles y múltiples, localizados en la Corona Boreal. Todas las imágenes se han obtenido con una cámara QHY-5 monocroma desde el observatorio urbano O.A.N.L. situado en Barcelona.

This article presents the CCD measures of 35 doubles and multiple stars systems, all located in Corona Borealis. The images were obtained with a QHY-5 monochrome camera from the urban observatory OANL located in Barcelona.

Introducción

Una vez superado nuestro periodo inicial de aprendizaje, en el cual nos hemos dedicado básicamente a medir pares de calibración. Y una vez tomado el pulso tanto al equipo, como al software utilizado para la adquisición y reducción de las imágenes, llega el momento en que nos planteamos que sería interesante poder sacarle más rendimiento a nuestro equipo.

Y de qué mejor manera que midiendo dobles, cuyas medidas puedan ser de utilidad, para actualizar sus parámetros, confirmar o desmentir su existencia, tener cierta idea de si su naturaleza es óptica o física, etc. En este artículo se presentan las medidas de 35 sistemas dobles y múltiples (47 pares) catalogados en la constelación de la Corona Boreal. Del total de los sistemas estudiados, cuatro de ellos han sido solamente medidos con ocasión de su descubrimiento y otros once menos de diez veces. Todas las tomas han sido hechas desde el observatorio urbano O.A.N.L. Bcn, situado en la zona alta de la ciudad de Barcelona.

Coordenadas Obs. OANL

41° 25' 12.40" N

2° 09' 20.56" E

220 m. altitud

El hecho de que la Corona Boreal se encuentre situada cerca del cenit durante más de la mitad de la noche, ha sido determinante para su elección. Conseguimos de esta manera minimizar tres de los efectos que influyen negativamente en la adquisición de imágenes CCD: (1) La contami-

nación lumínica, (2) el efecto de la turbulencia y (3) la dispersión atmosférica, que son mucho más acusadas en las zonas próximas al horizonte.

Otro factor determinante para su elección es el de sus reducidas dimensiones. Este hecho nos da la posibilidad de efectuar un estudio bastante completo de los sistemas dobles y múltiples más relevantes de la constelación, en un reducido número de noches. De hecho, para la preparación de este artículo se ha trabajado un total de 8 noches, comprendidas entre el 12 de junio y el 19 de julio del 2009. Si tenemos en cuenta que más del 75% de las imágenes se han tomado en tres de las ocho sesiones, podremos hacernos una idea de lo determinantes que resultan, para el estudio de las dobles, una buena estabilidad atmosférica y un viento en calma.

El equipo

Se ha trabajado con un telescopio Meade SC LX200R de 0,25 metros a f/10. Con objeto de facilitar la localización y centrado de las dobles se le ha acoplado un flip mirror Vixen con un ocular parfocalizado de 12mm con retículo iluminado. Las imágenes CCD han sido tomadas con una cámara QHY-5 B/N que tiene un chip de 1280 x 1024 píxeles de 5.2 x 5.2 micras y que va equipada con un filtro IR-UV Block.

Conscientes del hecho de trabajar a una menor resolución en beneficio de una mayor sensibilidad y con el objeto de acortar al máximo los tiempos de exposición, todas las tomas se han realizado en Binning 2x2 por lo cual siempre hemos partido de imágenes de 640 x 512 píxeles.



Telescopio LX 200R de 10" utilizado para este trabajo.

La captura de imágenes de los pares con $\rho > 2.5''$ se ha realizado trabajando a foco primario. Debido a la inserción del flip mirror, la distancia focal de trabajo resultante es de unos 3000 mm f/12, lo que nos proporciona un campo de placa de $7,6' \times 6,1'$ y una resolución de $0,71''/\text{píxel}$. Para el resto de los pares, las tomas se han realizado con la ayuda de una Barlow X2, que alargando la focal hasta los 6700 mm f/27 nos proporciona un campo de $3,3' \times 2,7'$ y una resolución de $0,31''/\text{píxel}$.

Para la obtención de las medidas hemos realizado más de 4.500 tomas de luz además de unos 4.000 Darks, que una vez filtradas han dado como resultado un total de 1.522 imágenes, de cuya reducción se han obtenido las medidas finales.

El método

El método utilizado consiste en la realización de series de 100 tomas de cada par junto a sus Darks correspondientes (100 por par), los cuales han servido para el calibrado de las imágenes. Los tiempos máximos de integración han sido de 4.0 segundos, aunque dependiendo de la magnitud de las componentes se han utilizado tiempos de exposición del orden de las décimas de segundo.

Para la reducción de las imágenes se ha utilizado el software Reduc v 3.85 que tan amablemente nos proporciona su autor, Florent Losse. Después de filtrar cada serie, con Best/Off (SN), se han escogido las 50 imágenes con mejor relación señal/ruido, para su posterior reducción dependiendo de las características de cada par y haciendo uso de los siguientes métodos:

A - En el caso de pares abiertos las imágenes han sido alineadas y apiladas para posteriormente ser

medidas con Autoreduc.

B - Para los pares con separaciones menores a $2''$ las imágenes se han reducido individualmente haciendo uso de las funciones QuadPX y Surface (**Guy Morlet y Pierre Bacchus**).

Una vez reducidas las imágenes, se han suprimido aquellas que presentaban medidas con residuos en theta y rho superiores a $2 \cdot \sigma$, quedando así establecido el número de medidas válidas que proporcionan la medida final.

Se ha determinado, para cada sesión, tanto el ángulo de rotación de la cámara como la escala de píxel. El cálculo de las constantes de calibración, se ha basado en promediar los resultados obtenidos midiendo los pares de calibración **STF 1927**, **STF 2277** y **STF 2380**, extraídos de la lista elaborada por **Mauroy, F., Mauroy, P., y Morlet, G.**, miembros de la S.A.F. (Société Astronomique de France).

Independientemente del tratamiento aplicado a las imágenes, durante el proceso de apilado y reducción, todas ellas han sido redimensionadas a un tamaño final de 352×352 píxels, con el fin de reducir su tamaño y facilitar la manipulación por parte de Reduc. Todas las imágenes se han orientado con el Norte arriba y el Este a la derecha.

Agradecimientos

Quisiera mostrar mi mas sincero agradecimiento a Juan Luís González Carballo y Rafael Benavides que confiando en mis posibilidades me han animado a escribir este artículo.

También quisiera agradecer el apoyo recibido por parte de los miembros de la S.A.F. que gracias a sus listados nos simplifican mucho la labor y en especial a Florent Losse, quien desinteresadamente pone a nuestra disposición sus consejos y el maravilloso Reduc.

Por último, quisiera dar las gracias de una manera muy especial a todos los amigos del grupo de Dobles de la Asociación Hubble. Gracias a su entusiasmo, conocimientos, consejos y compañerismo hoy me encuentro "abducido" por las dobles. Un campo de estudio interesantísimo y multidisciplinar que nos permite además de hacer una aportación de utilidad científica, disfrutar de la Astronomía incluso cuando está nublado. Es entonces, en las noches de nubes y viento, cuando delante del ordenador intentamos arrancar sus secretos más preciados a estos apasionantes objetos que nos ayudan a conocer mejor como funciona nuestro Universo.

¡¡Gracias amigos!!

47 MEDIDAS DE ESTRELLAS DOBLES EN LA CORONA BOREAL

NOMBRE	COMP.	R.A.	DEC.	MAGN. A*	MAGN. B*	THETA	RHO	ÉPOCA	NOTAS
STF 1932	Aa-B	15183	+2650	7.32	7.41	264.7	1.62	2009.487	1
STF 1935		15202	+3042	9.91	10.19	289.7	8.56	2009.448	2
STF 1936		15211	+2702	9.92	10.09	230.8	19.77	2009.448	3
STF 1941		15257	+2638	9.65	9.77	213.9	1.53	2009.487	4
STF 1951		15303	+2739	7.89	11.88	294.6	17.00	2009.448	5
STF 1955	AB	15339	+2643	9.84	10.32	237.1	7.72	2009.448	6
STF 1959		15347	+3446	9.79	10.81	244.7	2.11	2009.467	7
HU 1166	AB	15364	+3723	8.7	13.4	139.3	4.87	2009.525	8
FOX 190	AC	15364	+3723	8.7	12.2	271.6	59.7	2009.525	
STF 1963	AB	15379	+3006	8.54	8.85	298.1	5.23	2009.448	9
STF 1963	AC	15379	+3006	8.20	13.4	116.4	31.98	2009.448	
STF 1964	AC	15382	+3615	7.85	8.06	084.8	15.08	2009.448	10
ALI 862		15386	+3826	12.8	13.2	NE	NE	2009.525	11
STF 1965		15394	+3638	4.96	5.91	306.0	6.34	2009.448	12
STF 1973		15464	+3627	7.60	8.79	321.6	30.55	2009.448	13
ALI 369		15501	+3639	11.9	11.9	338.3	8.24	2009.508	14
BUP 163		15512	+3539	4.8	11.5	208.5	109.06	2009.544	15
STF 1983		15520	+3528	10.19	11.74	064.4	14.25	2009.448	16
HO 399		15554	+2932	7.68	10.49	117.4	3.50	2009.530	17
AGC 7	AC	15576	+2653	4.2	11.5	172.4	96.62	2009.547	18
STT 304	AB	16009	+3911	6.77	10.64	172.5	10.57	2009.508	19
WAL 70	AC	16009	+3911	6.77	12.59	254.6	73.24	2009.508	
H 75		16011	+2610	7.94	11.48	112.7	56.53	2009.547	20
AG 349		16011	+2808	9.59	10.86	227.7	11.71	2009.547	21
AG 200		16011	+3936	10.62	10.94	216.1	3.04	2009.508	22
STF 2004		16032	+2851	9.52	10.33	282.0	1.71	2009.487	23
STF 2011	AB	16076	+2900	7.93	10.23	064.8	2.78	2009.448	24
HJ 583		16109	+3604	11.0	14.0	NE	NE	2009.547	25
STT 305	AB	16117	+3321	6.44	10.17	263.8	5.39	2009.508	26
STT 305	AC	16117	+3321	6.44	13.0	NE	NE	2009.544	
HO 551		16124	+2626	8.3	12.8	079.0	7.01	2009.508	27
STF 2022		16128	+2640	6.54	10.03	155.3	2.09	2009.547	28

47 MEDIDAS DE ESTRELLAS DOBLES EN LA CORONA BOREAL (CONT.)

NOMBRE	COMP.	R.A.	DEC.	MAGN. A*	MAGN. B*	THETA	RHO	ÉPOCA	NOTAS
STF 2029		16138	+2844	7.95	9.62	187.4	6.15	2009.448	29
STF 2032	AB	16147	+3352	5.62	6.49	237.9	7.09	2009.448	30
STF 2032	AC	16147	+3352	5.8	13.3	094.5	24.59	2009.448	
STF 2032	AD	16147	+3352	5.62	10.78	082.6	92.09	2009.448	
STF 2032	BD	16147	+3352	6.7	10.8	080.8	98.49	2009.448	
SHJ 223	AB	16167	+2909	5.78	11.7	023.6	53.70	2009.547	31
SHJ 223	AC	16167	+2909	5.79	10.44	021.2	87.12	2009.547	
SHJ 223	AD	16167	+2909	5.79	10.35	050.2	122.87	2009.547	
SHJ 223	AE	16167	+2909	5.78	11.9	015.6	76.22	2009.547	
SHJ 223	CD	16167	+2909	10.44	10.35	091.8	62.68	2009.547	
SHJ 223	CE	16167	+2909	12.7	11.9	234.4	13.51	2009.547	
HU 1275		16182	+3857	9.4	12.9	173.1	2.99	2009.508	32
HU 38		16229	+3220	6.41	9.79	016.6	31.14	2009.547	33
KU 53		16229	+3815	10.1	10.5	048.7	5.25	2009.508	34
STF 2044		16242	+3702	8.43	8.79	341.1	8.21	2009.448	35

* Magnitudes según el WDS / NE: par no encontrado.

Notas

- 1: STF 1932 Aa-B.** Par muy igualado con espectros F6V. Evidencias de variabilidad.
- 2: STF 1935.** Principal con espectro G5.
- 3: STF 1936.** Espectros F2 y K0 respectivamente.
- 4: STF 1941.** 20° de variación en theta desde su descubrimiento en 1832. Principal con espectro G5.
- 5: STF 1951.** Semiabandonada, ultima medida en 1997. Espectro A0
- 6: STF 1955 AB.** Prácticamente fija. Tipo F8.
- 7: STF 1959.** Componente principal F8.
- 8: HU 1166 AB.** Medida en tres ocasiones. Tipo M.
FOX 190 AC. Componente C de un sistema múltiple junto con HU 1166 AB. Solamente medida en su descubrimiento en 1916.
- 9: STF 1963 AB.** Par igualado. Espectro F8. **STF 1963 AC.** Medido en dos ocasiones. Secundaria de mag. 13.4 en el límite de magnitud del equipo.
- 10: STF 1964 AC.** Múltiple de pares muy cerrados, solo puedo resolver las dos principales.
- 11: ALI 862.** No encontrada. En su lugar encontramos un par de magnitudes muy desiguales y con medidas para Theta 113.7 y Rho 5.75".
- 12: STF 1965.** Espectros B7V y B9V.
- 13: STF 1973.** Par con cómoda separación. Espectro de la primaria F5.
- 14: ALI 369.** Componentes gemelas de mag. 11.9
- 15: BUP 163.** Medida en dos ocasiones, la ultima

- de ellas en 1925. Se acercan a razón de 0,30" por año. Primaria de tipo K0 y mag. 4.8, débil componente B de mag 11.5
- 16: STF 1983.** Par con componentes muy débiles y espectro K2.
 - 17: HO 399.** Par bastante cerrado con principal de espectro A2V.
 - 18: AGC 7 AC.** Es el par mas abierto del sistema AGC 7. Medido en tres ocasiones y con primaria de espectro K2IIIab.
 - 19: STT 304 AB.** Primaria de espectro A0. **WAL 70 AC.** Tercera componente del sistema de mag.12.59 medida solamente en 1944. Variación de theta -5.5° y 13.2" en rho.
 - 20: H 75.** Componentes bastante separadas con magnitudes 7.94 y 11.48. Principal F2.
 - 21: AG 349.** Prácticamente fija. Principal con espectro F8.
 - 22: AG 200.** Un par débil de mag. 10.62 y 10.94.
 - 23: STF 2004.** Primaria del tipo K2.
 - 24: STF 2011 AB.** Principal con espectro A8IV.
 - 25: HJ 583.** No encontrada. En su lugar encontramos un par con medidas para Theta y Rho de 142.7 y 6.52" respectivamente.
 - 26: STT 305 AB.** Sistema Triple con primaria de clase K2III mag 6.4 y 10.17 la secundaria. **STT 305 AC.** Componente "C" no encontrada. En esta localización se observa un par con Theta 182.9 y Rho 89.41".
 - 27: HO 551.** Componente principal con espectro

- K1III. Secundaria débil de mag. 12.8.
- 28: STF 2022.** Medida por última vez en 1998. Par cerrado con bastante diferencia de magnitudes. Primaria del tipo F2V.
- 29: STF 2029.** Sistema prácticamente fijo desde 1830. Tipo espectral de la principal F4IV.
- 30: STF 2032 AB.** Componentes principales del sistema múltiple STF 2032 con magnitudes muy igualadas y espectros G0V y G1V.
- STF 2032 AC.** Componente C muy débil, de mag. 13.3. Última medida en 1984.
- STF 2032 AD.** Medida en 6 ocasiones. Componente B de mag. 10.78
- STF 2032 BD.**
- 31: SHJ 223 AB.** Espectacular sistema. Par AB medido por última vez en 1999 con primaria de mag. 5.78 y espectro A3V y secundaria de mag. 11.7

- SHJ 223 AC.**
- SHJ 223 AD.**
- SHJ 223 AE.** Medida solamente en 5 ocasiones. Secundaria de magnitud 11.9.
- SHJ 223 CD.** Dos débiles componentes de magnitudes 10.44 y 10.35.
- SHJ 223 CE.** Magnitud de la primaria 12.7 la secundaria más brillante.
- 32: HU 1275.** Par bastante apretado medido solamente en 5 ocasiones, la última en 1965. Primaria de tipo K0.
- 33: H 38.** Tipo espectral A4Vn. Secundaria de magnitud 9.79
- 34: KU 53.** Medido por última vez en 1999. Componentes casi idénticas de magnitud 10.1 y 10.5 y tipo F8.
- 35: STF 2044.** Componentes con magnitudes 8.43 y 8.79 del tipo K0.

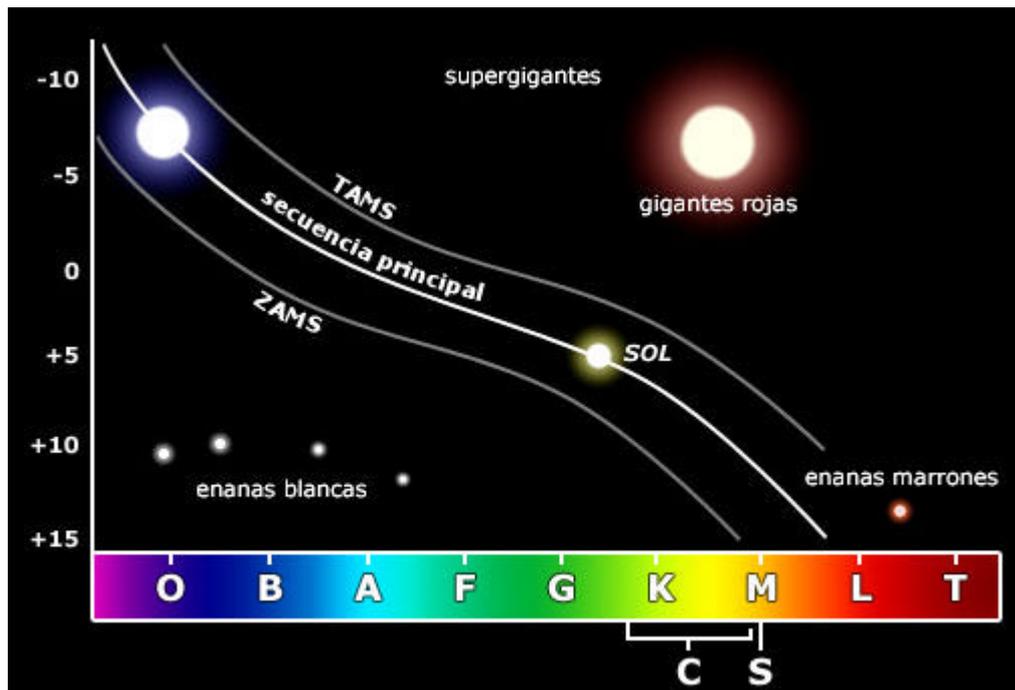
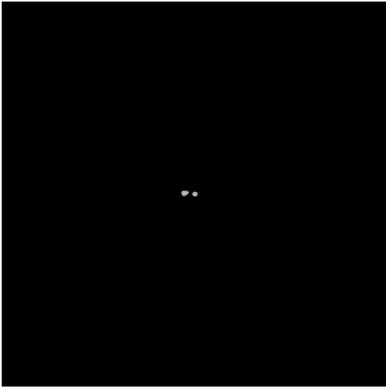
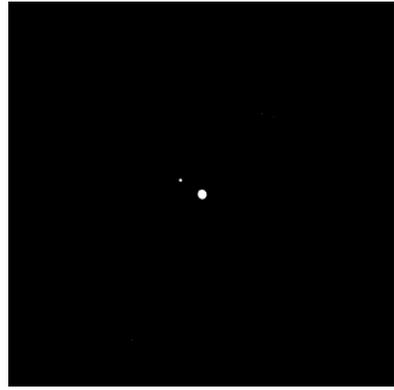


Diagrama HR básico donde se muestran los colores espectrales.
Fuente: www.astronomos.cl/.../general/2/evol/index.htm

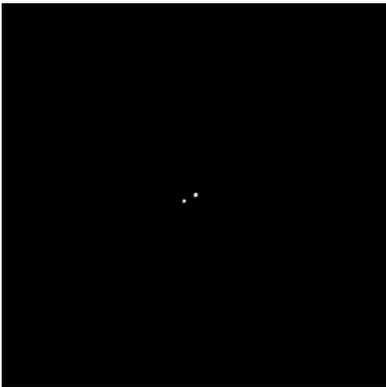
STF 1932 Aa-B



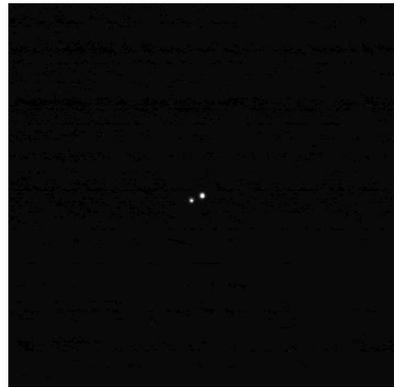
STF 1951



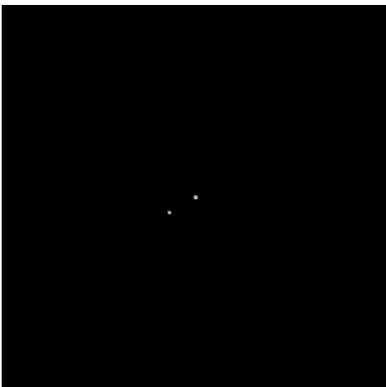
STF 1935



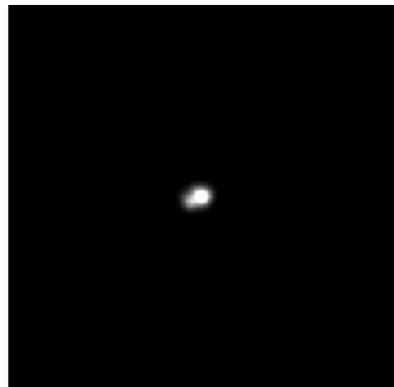
STF 1955 AB



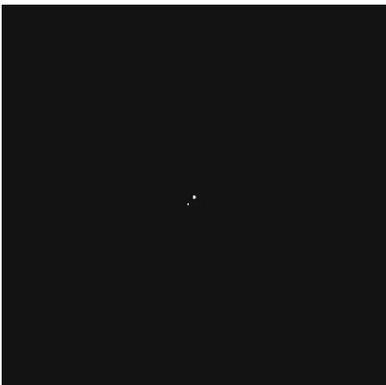
STF 1936



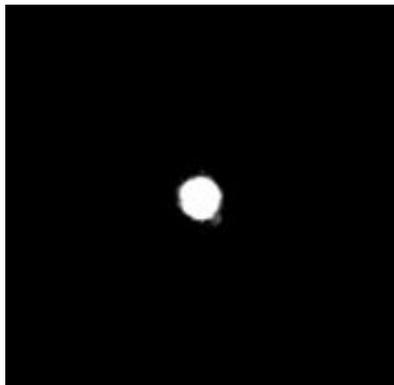
STF 1959



STF 1941



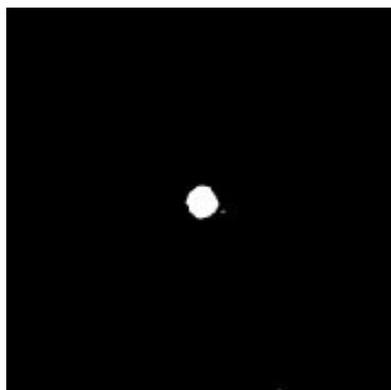
HU 1166 AB



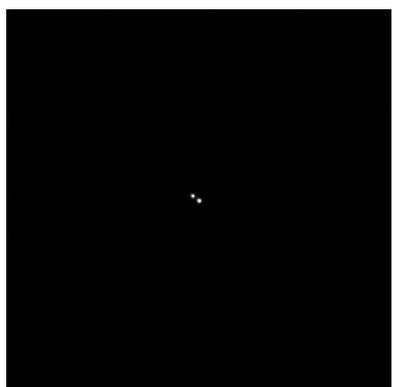
FOX 190 AC



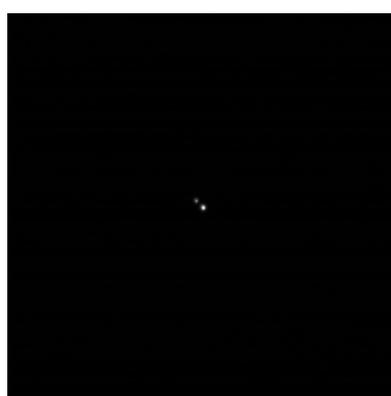
15386+3826



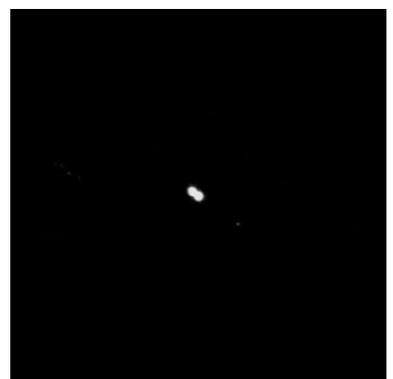
STF 1963 AB



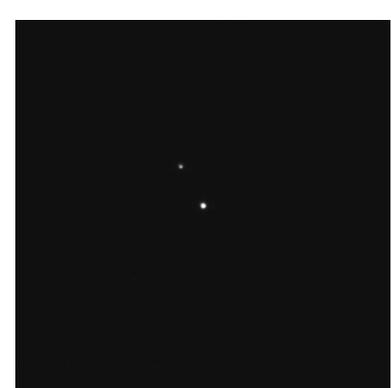
STF 1965



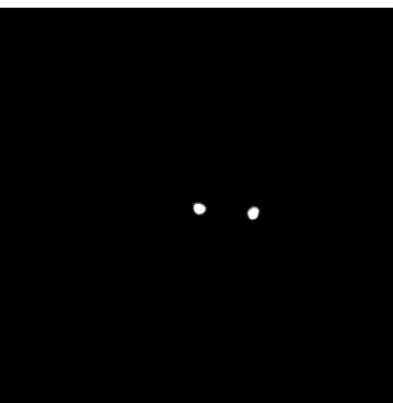
STF 1963 AC



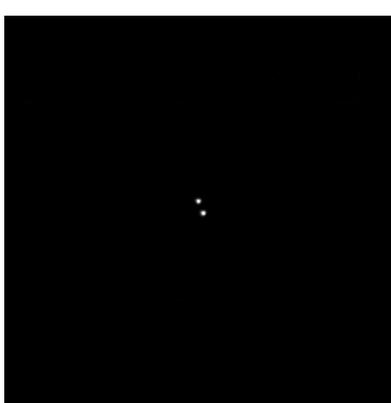
STF 1973



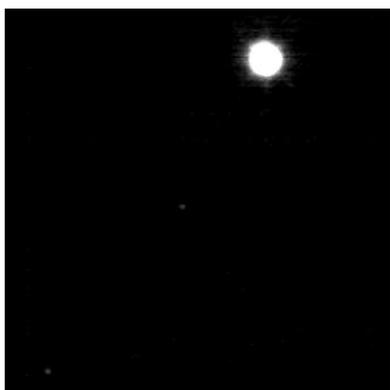
STF 1964 AC



ALI 369



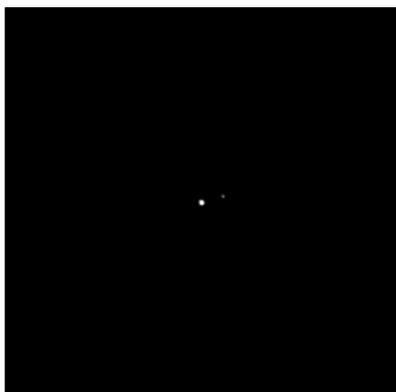
BUP 163



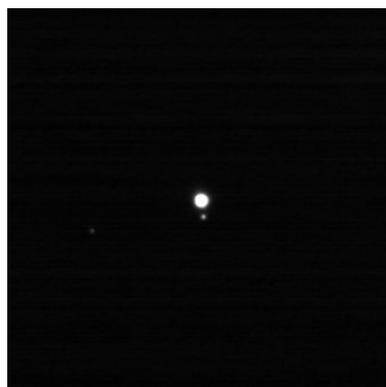
STT 304 AB



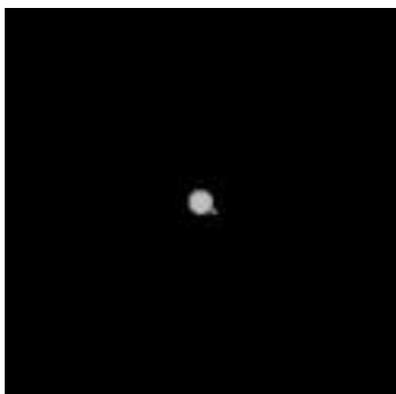
STF 1983



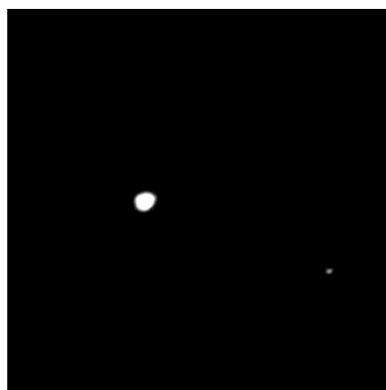
WAL 70 AC



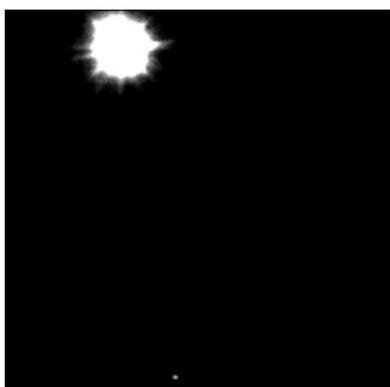
HO 399



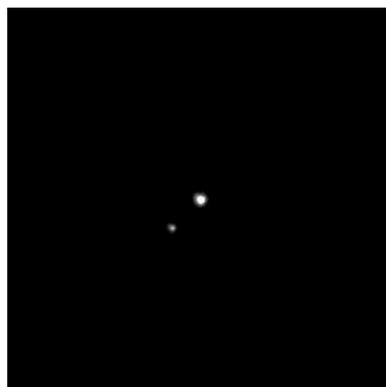
H 75



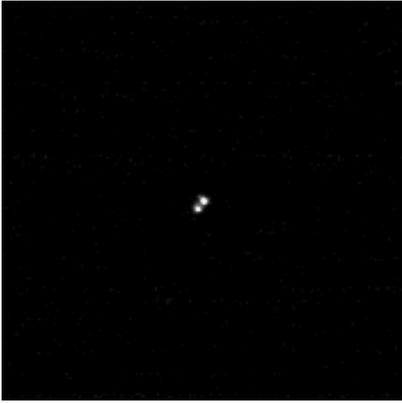
AGC 7 AC



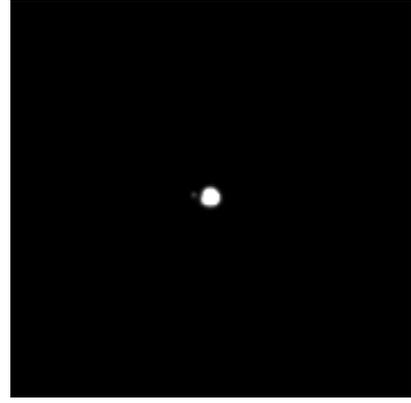
AG 349



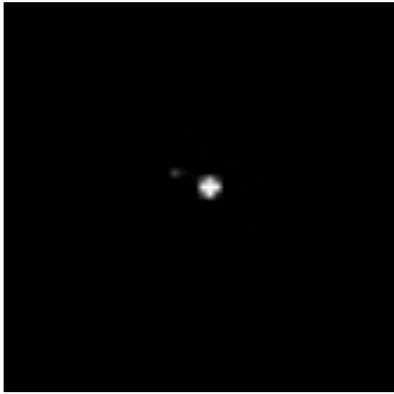
AG 200



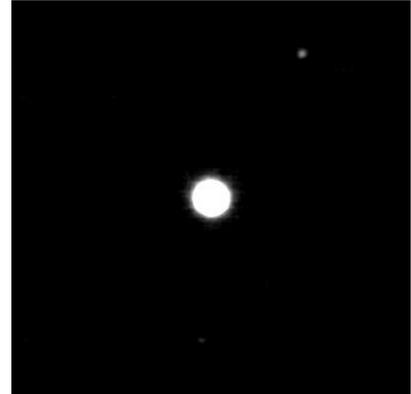
STT 305 AB



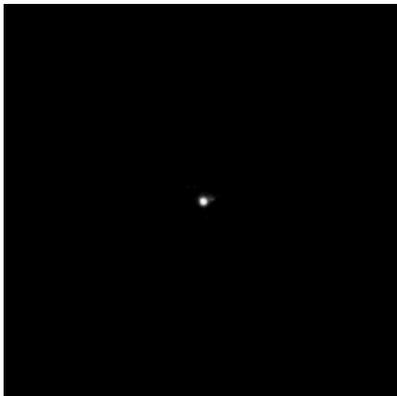
STF 2004



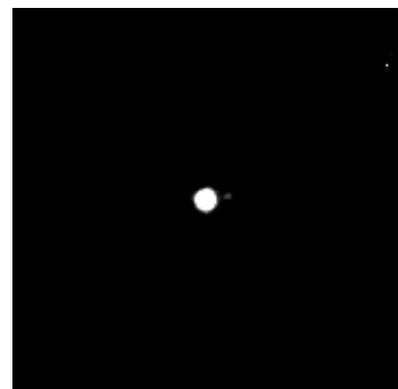
16117+3321



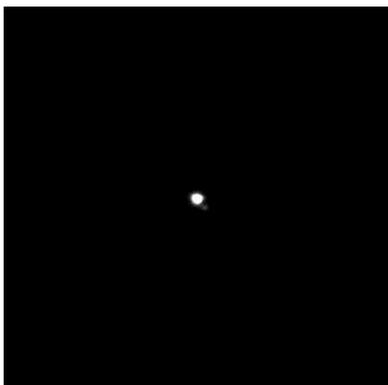
STF 2011 AB



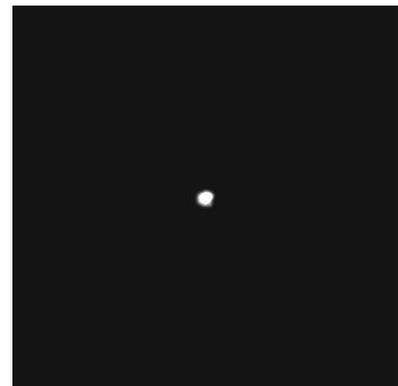
HO 551



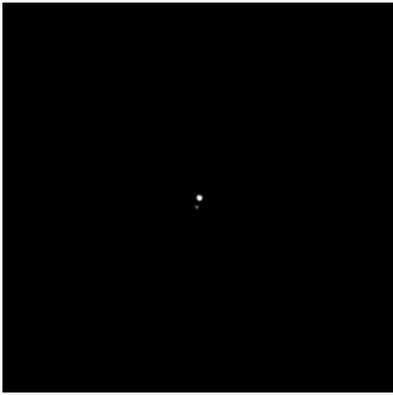
16109+3604



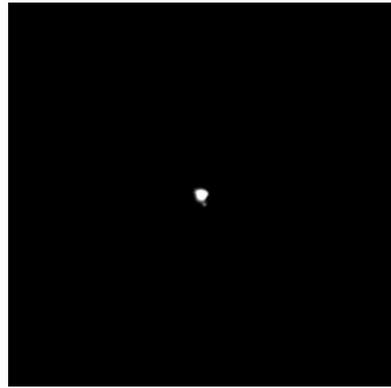
STF 2022



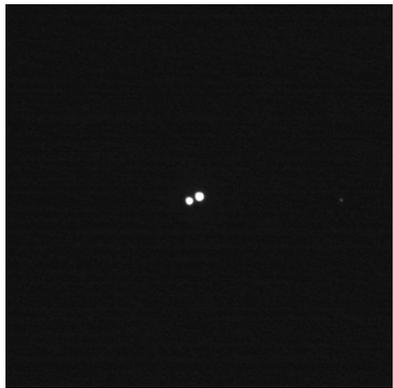
STF 2029



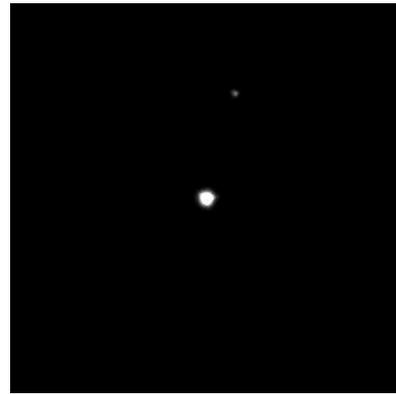
HU 1275



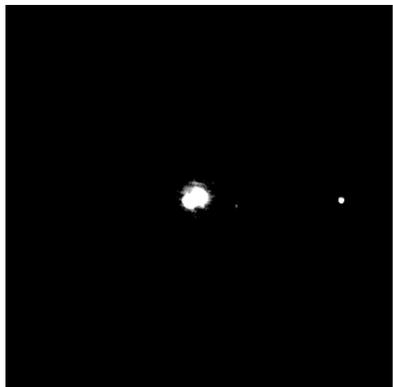
STF 2032 AB+AD



H 38



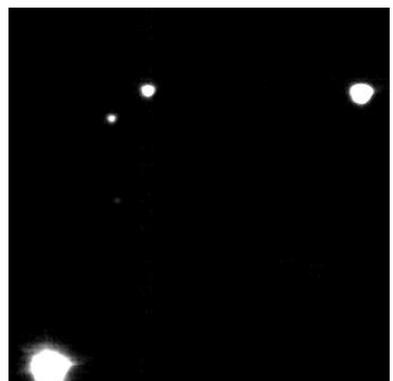
STF 2032 AC+BD



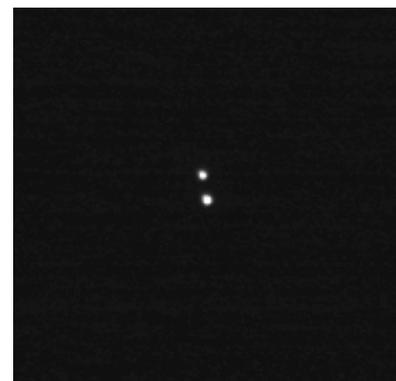
KU 53



SHJ 223

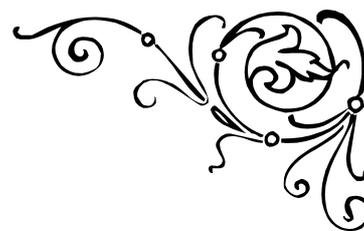


STF 2044



En 1782 William Herschel dio a conocer un nuevo tipo de micrómetro de su invención bautizado como Lamp-Micrometer. Las particularidades de este instrumento y lo ingenioso de su fundamento le otorgan el carácter de único en su clase. En este artículo describiremos sus principales características técnicas y operacionales haciendo, al mismo tiempo, un profundo análisis de las razones involucradas en su diseño y concepción.

In 1782 William Herschel announced a new type of micrometer of his invention known as Lamp-Micrometer. The peculiarities of this instrument and its witty foundation make it to be unique in its class. In this article we are going to describe what its main technical and operational characteristics are; making, at the same time, a deep analysis of the reasons involved in his design and conception.



Un micrómetro de lámparas

A Lamp-micrometer

Introducción

Es harto conocido que William **Herschel** (1738-1822) se embarcó en el estudio de las estrellas dobles con la única intención de poder medir la distancia a las estrellas usando la técnica de la paralaje, método ya apuntado por Galileo¹. Queda claro que para los astrónomos de entonces las asociaciones duales de estrellas eran meros efectos accidentales de posición. Sencillamente, no podían imaginar que, en realidad en muchas de aquellas parejas estelares se establecía una íntima relación gravitatoria regida por la ley de la Gravitación Universal de Newton. Como muchos otros observadores antiguos, Herschel está aquejado de una especie de obsesión por llegar a medir por vez primera la distancia a una estrella, problema que, tradicionalmente, se resistía a ser resuelto por la ciencia astronómica. Los intentos de Hook, Flamsteed, Molineux y Bradley, entre otros, habían resultado infructuosos. Con las ideas claras, Herschel establece las bases fundamentales de su futuro trabajo encaminado a la medición de la paralaje y, para ello, redacta un completo artículo donde las da a conocer: *On the Parallax of the Fixed Stars*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volumen 72, pp. 82-111, 1782. En estas páginas expone el

uso de las estrellas dobles como la herramienta que sustentará las mediciones de la paralaje y, por consiguiente, la conveniencia de la búsqueda sistemática de esta clase de objetos, que deberán tener una gran diferencia de magnitud entre las componentes (asegurando así que la más brillante esté cerca de nosotros y la más débil se sitúe muy en el fondo sobre la bóveda celeste) y, al mismo tiempo, estar lo más cerca posible la una de la otra. Por otro lado, está el aspecto de la instrumentación. Herschel está convencido de que los medios de observación utilizados por sus colegas no tenían en absoluto la capacidad necesaria para

llevar a buen término la medición precisa de la paralaje. En este sentido, Herschel piensa que es prioritario el uso de telescopios de grandes aberturas y trabajar con el mayor aumento posible. De esta manera “los errores ocasionados por la refracción, la nutación, la precesión de los equinoccios, cambios en la oblicuidad de la eclíptica y la aberración de la luz” que tanto aquejaron las observaciones de sus predecesores, serían paliadas en gran medida. Al mismo tiempo, el instrumento de medición, el micrómetro, debería ser mejorado sustancialmente. Como veremos más adelante, el resultado de estas metas autoimpuestas fueron exitosas: Herschel, construyó –él mismo– los telescopios



Figura 1. Sir William Herschel en 1785. Óleo sobre lienzo por Lemuel Francis Abbott. [Wikipedia](#).



más grandes de su época, fabricó sus propios oculares y mejoró e inventó los micrómetros más fiables dentro de sus posibilidades.

En este mismo año de 1872, Herschel, habiendo ya recopilado una buena cantidad de estrellas dobles, publica su primer catálogo (*Catalogue of Double Stars*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volumen 72, pp. 112-162, 1782) en el que se listan 269 estrellas dobles, de las cuales 227 eran pares observados por primera vez. Recordemos que este catálogo no es el primero de la Historia: en 1779 Christian Mayer (1719-1783) ya había publicado un listado de estas características enumerando un total de 72 pares en su *De novis in coelo sidereo Phaenomenis in miris stellarum fixarum comitibus Mannhemii* (Mannhemii, Typographia Elector, Aulica & Academica, 1779). Poco después se compiló una nueva versión en la que se incorporaban algunas otras dobles que ya habían sido registradas por otros observadores. Este inventario se constituye como el primer *catálogo general* de estrellas dobles conteniendo un total de 80 pares. El catálogo vio la luz publicándose en 1781 con el título de *Verzeichniss aller bisher entdeckten Doppelsterne*, que en nuestro idioma viene a decir “Directorio de todas las estrellas dobles descubiertas hasta la fecha”. La edición corrió a cargo de Johann Elert Bode (1747-1826) en *Astronomisches Jahrbuch oder Ephemeris* para 1784 (pág. 183-6). Esta publicación de carácter anual, de la que Bode fue fundador, era un anuario de efemérides astronómicas. El propio Bode, en notas explicativas que acompañan al texto, comenta que la mayoría de las estrellas declaradas en el catálogo habían sido observadas por vez primera por Mayer, aunque un puñado de ellas fueron registradas con anterioridad por Cassini, Flamsteed, Bradley y Tobias Mayer.

Para poder evaluar cambios en la posición relativa de las componentes de un par a lo largo del tiempo se hacía necesario establecer una referencia posicional lo más exacta y fiable que fuera posible. En la Astronomía de estrellas dobles, al ser un campo prácticamente inexplorado y nuevo, aún no se había estandarizado la manera de registrar las posiciones de una pareja. Herschel decide establecer dos parámetros que lo hacen posible: el ángulo de posición medido en grados (y usado por primera vez) y la separación o distancia angular entre la componente expresada en segundos de arco. Vemos, pues, que el registro de estrellas dobles se basa en la medición de dos ángulos. Mayer, en cambio, opta por establecer la ubicación de las estrellas dando sus diferencias en Ascensión Recta y en Declinación, si bien en la edición

de Bode se añade -calculada por éste-, la separación en segundos de arco y una precursora y meramente orientativa valoración del ángulo de posición. En el texto descriptivo de su catálogo, Herschel critica en cierta manera, pero sin desmerecer la labor de Mayer, que las diferencias en AR y Dec adolecen de graves errores, pues los instrumentos de observación al alcance de su colega no permiten conseguir el grado de precisión requerido. Estos comentarios no son un alarde por parte de Herschel, y reconoce a la vez que sus propias medidas acarrearán muchas imprecisiones y que su catálogo “*está todavía en un muy imperfecto estado*”, pero que empleará todos sus esfuerzos en mejorar la calidad de sus observaciones.

Herschel publicará aún otros dos catálogos de estrellas dobles². En su segundo catálogo (*Catalogue of Double Stars*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volumen 75, pp. 40-126, 1785) añadirá otros 434 pares a su lista personal. En esta ocasión se mostrará mucho más satisfecho con los resultados obtenidos por dos razones principales: la mejora de su instrumentación y el poder trabajar -por fin- a tiempo completo en la Astronomía (gracias al reconocimiento y los privilegios que se le otorgaron tras el descubrimiento de Urano). Estas nuevas circunstancias permitieron que las observaciones pudieran ser repetidas frecuentemente, promediando los resultados, para alcanzar mayor precisión. Finalmente, en 1821, siendo presidente de la recién fundada (1820) Royal Astronomical Society y a sus 83 años, publicará un último listado de descubrimientos aportando otras 145 nuevas estrellas dobles (*On the places of 145 new Double Stars*. *Memoirs Astronomical Society*, Volumen 1, pp. 166-181). En el breve texto introductorio que acompaña a este suplemento Herschel señala que “... la distancia y posición de las dos estrellas, cuando se dan, son solo en términos de estimación general...”. Efectivamente, éste el catálogo más incompleto de los tres publicados en su carrera, quizás debido a su avanzada edad. Herschel fallecería al año siguiente, habiendo fracasado en la empresa de medir la paralaje estelar pero, en un claro caso de *serendipia*, supo vislumbrar un descubrimiento trascendental que cambiaría el rumbo de la Astronomía: el descubrimiento en 1803³ de los sistemas binarios y, por ende, la ratificación observacional de la validez de las leyes de Newton fuera de las fronteras del Sistema Solar; los sistemas binarios serían la herramienta que permitiría a las futuras generaciones de observadores poder medir directamente las masas estelares, el pilar fundamental sobre el que se sustenta el conocimiento de la evolución estelar.



Los micrómetros de Herschel

Podríamos considerar tres tipos de astrónomos: los teóricos, los observadores y los constructores de instrumental. Herschel reunió los tres en su persona, y lo hizo en cada campo de una manera destacada. Supo discernir que se harían necesarios telescopios de gran abertura para trabajar a grandes aumentos, y se las ingenió para consolidarse como un afamado especialista en el arte del fundido, tallado y pulido de espejos metálicos de importantes diámetros. Tanto, que en aquella época llegó a disfrutar de los telescopios reflectores más grandes del mundo. Por otro lado, como complemento al sistema óptico se tenía que disponer de oculares y micrómetros de calidad que sirvieran para medir los parámetros

de las estrellas dobles. Herschel experimentó en el desarrollo y mejora de sus micrómetros, los cuales, por lo general, tenían el aspecto exterior de simples oculares; es decir, eran lo que hoy denominaríamos oculares micrométricos. Estos micrómetros disponían, en el interior del cuerpo del ocular, de dos hilos paralelos, uno de los cuales era móvil gracias a la acción de un tornillo micrométrico que lo desplazaba por el campo de visión. Se hacían coincidir los hilos con la separación de las estrellas y posteriormente se leía la distancia angular sobre la graduación del tornillo de precisión. Se sabe que en las tareas de fabricación de sus micrómetros estuvo asistido por su hermano Johann Alexander (1745-1821), otro músico más de la dinastía Herschel quien, dotado como él de un gran talento para las habilidades mecánicas,

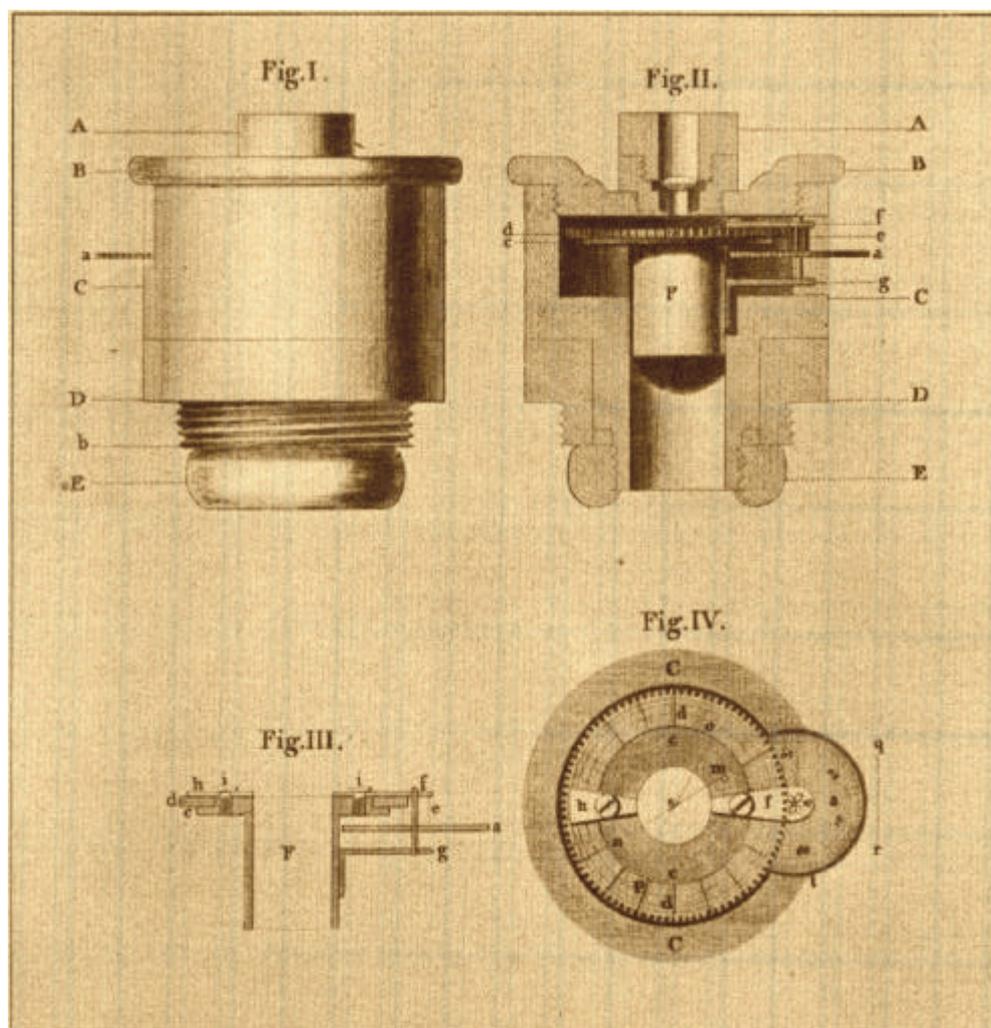


Figura 2. Micrómetro de posición (o revolving-wire micrometer) inventado por Herschel en 1779. El cuerpo que aloja el mecanismo está construido en madera tropical de *cocoa*, muy dura y capaz de conservar sus propiedades dimensionales a lo largo del tiempo. En este micrómetro el hilo móvil solo puede recibir un movimiento de rotación de hasta 180° (en versiones posteriores el giro podía ser de una revolución entera), por lo que puede adoptar todas las inclinaciones posibles con respecto al hilo fijo. Esta simple modificación permitió medir por primera vez el ángulo de posición, de ahí que también sea conocido como micrómetro de posición. (Imagen: *The Scientific Papers Of Sir William Herschel Vol I.*)



participó repetidamente en la construcción de muchos elementos de sus telescopios -espejos incluidos- no solamente para su uso propio, sino también para la venta. Alexander era un experto trabajando el latón, por lo que todas las pequeñas piezas metálicas de los oculares y los micrómetros, como tornillos, discos graduados, bastidores, ruedas dentadas, etc., sin duda pasaron por sus manos. En el *National Maritime Museum*, Greenwich, Londres (<http://www.nmm.ac.uk/collections/>) podemos encontrar, además de una buena cantidad de oculares de las más variadas focales, hasta seis micrómetros oculares contruidos íntegramente por Alexander Herschel y que fueron usados por William en sus observaciones. A pesar del papel tan relevante desempeñado por Alexander, su contribución al éxito de William ha sido en la misma medida injustamente olvidada y, es lícito reconocer aquí su valía.

A pesar de haber realizado muchos ensayos y mejorado sucesivamente sus micrómetros, Herschel solo habla de sus diseños en tres ocasiones publicando comentarios acerca de ellos: (i) *parallel silk-worm's-thread micrometer*, (ii) *position angle micrometer* o *revolving wire micrometer* y (iii) *lamp-micrometer*, siendo este último el cuerpo principal de este artículo y que detallaremos más adelante. En las notas de su segundo catálogo de estrellas dobles, Herschel comenta que sus medidas de distancia se realizaron con un micrómetro de hilos paralelos trabajando a 227x. El material de estos hilos eran las finas hebras de seda procedentes del *gusano de seda* común. Para las medidas de posición, utilizó a 460x “*un excelente micrómetro fabricado por Nairne & Blunt⁴, de acuerdo al modelo dado en [Account of a Comet⁵] Philosophical Transactions, Volumen 71, p. 500, fig. IV; pero con una gran y necesaria mejora que permite a la rueda (dentada) d, d, de esa figura girar una revolución completa...*” (Figura 2). Si acudimos a esta referencia encontramos una detallada descripción de este micrómetro (*Description of a micrometer for taking the angle of position*). Parece claro que Herschel -o más probablemente Alexander- fueran los autores del micrómetro original. Sin embargo, se encargó a Nairne la fabricación de un nuevo aparato con algunas modificaciones -las apuntadas más arriba- para aumentar la precisión de las medidas de los ángulos de posición. Se trata de lograr que la rueda dentada sea capaz de girar una revolución para “*que los dos hilos de seda paralelos puedan ser ajustados con el más alto grado de exactitud*”. El efecto nocivo se daba si los hilos no estaban exactamente dispuestos diametralmente en el círculo ocular, lo que suponía que al girarlos una “*semi-revolución*” (180°) no coincidieran exactamente. Este efecto, enten-

demos, no es otra cosa que el conocido error de índice.

Las medidas

Hemos visto, tal como hizo Mayer, que la posición relativa de dos estrellas puede obtenerse de las diferencias de Ascensión Recta y Declinación. Sin embargo, es más cómodo y preciso hacerlo directamente. En este sentido Herschel introduce el ángulo de posición y la separación angular, parámetros que han llegado a nuestros días como la forma estándar de registrar las estrellas dobles. No obstante, es conveniente matizar que el ángulo de posición herscheliano no es el que solemos manejar en nuestras observaciones. Veamos cuál es la diferencia entre ambos.

Herschel establece que la posición relativa entre las dos componentes de un par esté definida por el ángulo que forma la línea recta que une las dos estrellas y otra paralela al ecuador celeste, es decir, imaginaba a la principal en la intersección de un meridiano y un paralelo de declinación (el de su movimiento diurno). La compañera era referida a uno de los cuatro cuadrantes definidos. Lógicamente siempre tomaba valores menores de 90°. Para conocer en qué cuadrante se halla el par utiliza la convención *north following*, *south following*, *south preceding* y *north preceding*, con las siglas correspondientes en inglés (*nf*, *sf*, *sp* y *np*). (Figura 3). A pesar de su simpleza, el método podía dar lugar a ambigüedades, por lo que era frecuente realizar esquemas de la disposición de las estrellas en el campo ocular durante las observaciones.

El micrómetro más simple para realizar este tipo de medidas es un simple ocular con un hilo colocado en su plano focal y un disco externo graduado. En un primer paso se gira el ocular hasta que pase por los centros de las dos estrellas y se realiza una primera lectura. Después, el hilo habrá de ser colocado perpendicularmente al meridiano, simplemente girando el ocular hasta que una de las estrellas se desplace a lo largo del hilo en toda la longitud del campo. El ángulo entre las dos posiciones del hilo, es decir, el formado por la línea que une las dos estrellas con el paralelo del movimiento diurno, es el ángulo de posición.

El método actual de dar el ángulo de posición con respecto al Norte y hacia el Este en el rango 0°-360° fue introducido por John Herschel quien propuso “*comenzar la lectura del ángulo desde el meridiano en el punto norte y continuar rotando en la dirección n f s p n (north, following, south, preceding, north) desde 0° a 360°: es decir, 1° corresponde a 89° nf; 91° a 1° sf;*

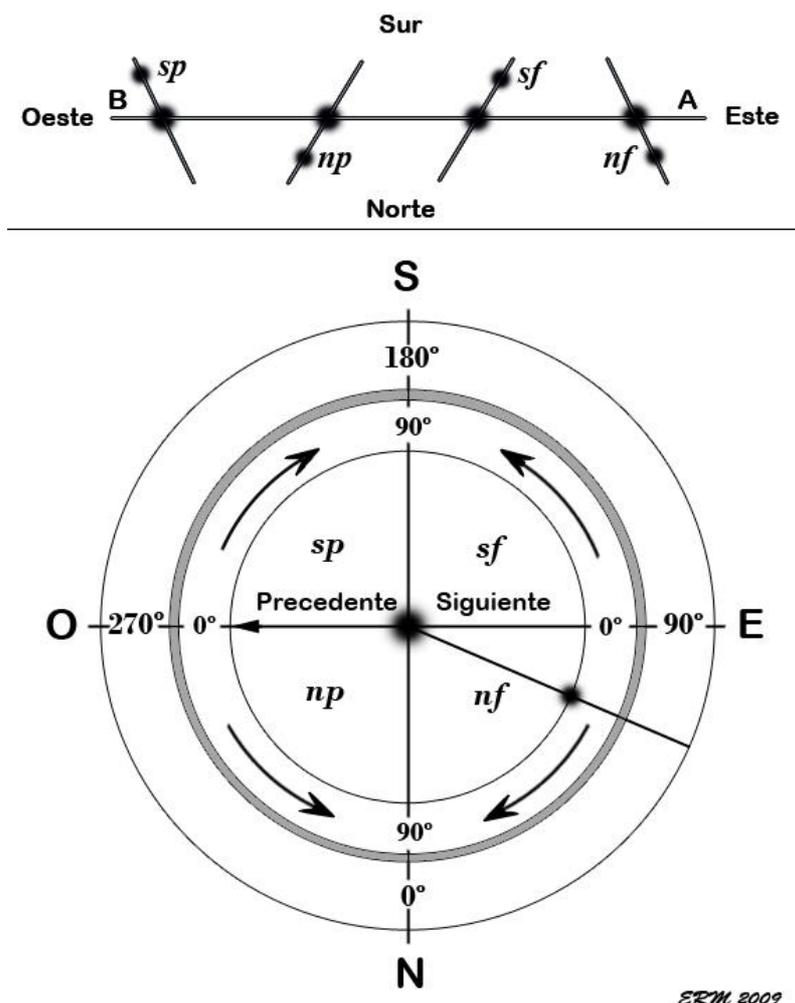


Figura 3. Arriba: ángulo de posición introducido por Herschel. La línea AB representa el movimiento diurno aparente de la estrella en la dirección del paralelo de declinación y de Este a Oeste. **Abajo:** equivalencia entre el modelo de Herschel y el actual. En el sistema de Herschel el círculo de posición está dividido en cuatro cuadrantes. El ángulo se calcula desde el paralelo del movimiento diurno hacia el Norte o hacia el Sur. Para orientar el micrómetro la estrella debe correr a lo largo del hilo fijo, el cual está marcado con 0° en sus dos extremos. El punto Norte y el Sur se indican con 90°. Según Herschel, el ángulo de posición del par de estrellas representado en el gráfico sería 23° *nf*. En el sistema actual simplemente 67°. (Cortesía del autor).

181° a 89° *sp*; 271° a 1° *np*” (Memoirs of the Royal Astronomical Society, Volumen 4, p.333). Si deseáramos transformar los ángulos originales de William Herschel (H) al sistema actual sería necesario aplicar las siguientes correcciones:

$$\begin{aligned} \text{North following} &= 90^\circ - H \\ \text{South following} &= 90^\circ + H \\ \text{South preceding} &= 270^\circ - H \\ \text{North preceding} &= 270^\circ + H \end{aligned}$$

En lo relativo a las distancias aportadas por Herschel, éstas vienen dadas de varias maneras. En los pares muy cerrados son simplemente estimadas en términos de los propios diámetros aparentes de las estrellas. Lógicamente, los diámetros estelares y el hueco que los separa variarán su aspecto de forma sustancial al ser observados bajo diferentes aumentos y/o con distintos telescopios. De acuerdo a ello, Herschel da varias

medidas de distancia para cada par. Veamos un ejemplo con el sistema Epsilon Bootis, la entrada número 1 de su primer catálogo y descubierta el 9 de septiembre de 1779. La estrella principal se denota como **L** (**L**arge) y la compañera como **S** (**S**mall). Las distancias angulares, como promedio de dos años de observaciones, son:

- 227x, 3/4 del diámetro de S.
- 460x, 1/4 diámetros de L.
- 932x, 2 diámetros de L.
- 2010, 2 3/4 diámetros de L.

Según Herschel, esta forma de proceder puede procurar muy buenas medidas de distancia, incluso mejorar las realizadas con el micrómetro. A este respecto, Herschel comenta: (*On the Parallax of the Fixed Stars*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volume 72, p. 99, 1782). “En la determinación de las



distancias de las estrellas dobles he usado ocasionalmente, dos diferentes métodos. En las que están extremadamente cerca la una de la otra, puede ser estimada a ojo, en medidas de sus propios diámetros. Para este propósito esta distancia no debería exceder mucho de los dos diámetros de la más grande, ya que el ojo no puede hacer una buena estimación cuando el intervalo entre ellas es más grande. Este método es frecuentemente preferible al del micrómetro: por ejemplo, cuando el diámetro de una pequeña estrella, quizás no igual a medio segundo, es doble que el hueco entre las dos estrellas. Aquí el micrómetro debería medir décimas de segundo al menos, de otro modo no podemos, con algún grado de confianza, fiarnos de sus medidas; incluso entonces, si las estrellas están situadas en el mismo paralelo de declinación y cerca del ecuador, su rápido movimiento a través del micrómetro hace que sea extremadamente difícil medirlas, y en ese caso una estimación a ojo es preferible a cualquier otra medida...”

Las distancias medidas con el micrómetro frecuentemente acarrearaban errores de 1”, o incluso llegaban a los 2” si las operaciones no se hacían con extremo cuidado. El promedio de varias medidas en noches diferentes permitía reducir el error en torno a medio segundo de arco. Conviene remarcar que Herschel mide las distancias angulares disponiendo los hilos paralelos exteriormente tangentes a los diámetros aparentes de las componentes. Para deducir la separación entre los centros de las estrellas habrá que restar los dos semidiámetros a la media original. ¿Cuál es la razón de este proceder? Sencillamente, que los hilos montados en los micrómetros eran demasiado gruesos y al trabajar a grandes aumentos adquirirían un diámetro tal que era superior al de las estrellas a medir; es decir, las componentes eran tapadas literalmente por los hilos, perdiéndose toda referencia fiable sobre la ubicación de los centros estelares. Sin duda, este aspecto supuso para Herschel una inagotable fuente de desvelos. Fueron muchos los intentos –sin resultados– de buscar hilos cada vez más delgados, cuyos espesores, una vez aumentados, pudieran considerarse despreciables. Usualmente, los hilos de los micrómetros eran de metal (plata o platino), de seda común o, incluso, podían ser también cabellos humanos. Este fue un problema sin solución en los días de Herschel; aún deberían transcurrir algunos años para que en los micrómetros se empezaran a montar los finos y resistentes hilos procedentes de la seda de las arañas, el retículo por excelencia usado por las siguientes generaciones de micrometristas hasta muy avanzado el siglo XX. Recordemos que en esta revolucionaria mejora, su hijo, Sir John Herschel, tuvo mucho que

ver.

Todos estos inconvenientes técnicos no fueron los únicos que minaron en cierto modo la férrea perseverancia herscheliana. William documenta también imperfecciones en el paso de los tornillos micrométricos, las cuales suelen mostrar diferencias en el avance regular de una revolución a otra. Por otro lado, las graduaciones en los tambores o discos del micrómetro, o en el tallado de las ruedas dentadas y los piñones también adolecían de defectos apreciables. Por si fuera poco, era imprescindible iluminar el campo de visión para poder distinguir los hilos durante la noche. Si las componentes del par mostraban gran diferencia de magnitud, era preciso disminuir la intensidad luminosa para poder observar a la estrella secundaria, con lo que los hilos no eran iluminados suficientemente. El resultado final, en un círculo vicioso, era que muchas veces una pareja con una separación en principio asequible al sistema óptico no podía ser medida.

Convendría aquí remarcar que Herschel nunca disfrutó de un telescopio montado ecuatorialmente con seguimiento horario y había de estar continuamente luchando con los mandos para que las estrellas nos se escaparan del campo de visión en poco tiempo; tiempo que, sin duda, habría de ser muy corto dados los elevados aumentos que empleaba. Sin embargo, aún en estas condiciones tan desesperantes, siempre podían más el entusiasmo y la tenacidad y era capaz de medir ángulos diminutos sobre un par de estrellas que se empeñaban en evadirse de su escrutinio.

Estas circunstancias despertaron el ingenio de Herschel, e ideó un novedoso tipo de micrómetro cuyo fundamento es ajeno a todas las deficiencias anteriores y goza de la remarcable característica de ser completamente externo al telescopio. Este instrumento fue bautizado por Herschel como *lamp-micrometer* (micrómetro de lámparas).

Micrómetro de lámparas

Pensamos que la descripción detallada de este micrómetro, por lo curioso de su fundamento y concepción y, asimismo, por la escasa difusión de su existencia en la documentación histórica, puede ser especialmente interesante.

En 1872 Herschel da a conocer su invento y lo hace en un artículo de 10 páginas titulado *Description of a Lamp-Micrometer and the Method of using it*, que se publicó en *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Volumen 72, pp. 163-172. En algunos artículos precedentes

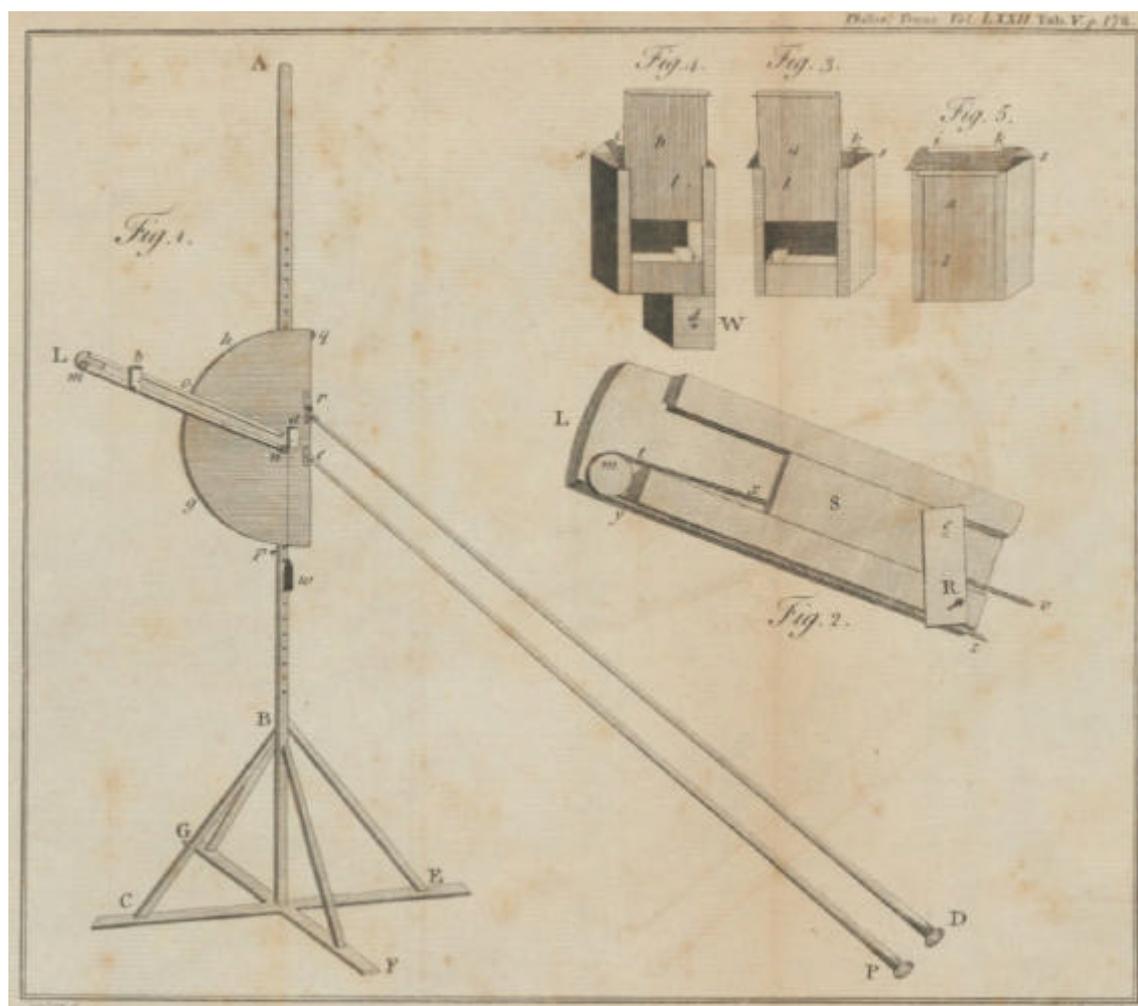


Figura 4. Lámina original del micrómetro de lámparas publicada junto al artículo de Herschel (*Description of a lamp-micrometer and the method of using it*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volumen 72, p.172,1782). Todos los componentes mecánicos descritos en el texto hacen referencia a esta ilustración.

[Imagen: Harvard University Library, *Expeditions and Discoveries: Sponsored Exploration and Scientific Discovery in the Modern Age* (<http://pds.lib.harvard.edu/pds/view/11342322>)]

Herschel ya había adelantado que estaba trabajando en el desarrollo de un nuevo micrómetro libre de todos los defectos inherentes asociados a los micrómetros de hilos, los cuales hemos enumerado en líneas anteriores.

Todo el artilugio está construido en madera salvo pequeñas piezas como tornillos, tuercas, ejes y otros accesorios auxiliares que fueron hechos de latón. Todas las medidas referidas por Herschel en su artículo están dadas en pulgadas. Aquí las ofrecemos en el S.I. para que el lector se haga una mejor idea de las dimensiones manejadas. Hemos procurado ajustarnos lo más posible a las explicaciones originales de Herschel, además de utilizar su misma nomenclatura para las piezas (designadas mediante letras), si bien, en algunos pasajes, hemos añadido explicaciones adicionales para hacer más comprensible el principio de su

funcionamiento.

Descripción mecánica.

El instrumento (Figura 4) consta de un mástil de 2,74 metros de altura, mantenido en posición vertical por medio de cuatro pies a 90° que sirven de base y están ayudados por otros tantos tirantes inclinados que aportan solidez a la estructura. Sobre el mástil, y orientada a lo largo el diámetro, va montada una tabla semicircular de 355,6 mm de radio que puede desplazarse longitudinalmente sobre él mediante dos abrazaderas dispuestas en la parte posterior y se mantiene en posición por medio de un pasador cónico de madera -insertado a modo de tope en su parte inferior- en cualquiera de los orificios practicados equidistantemente a lo largo de toda la longitud



del mástil. En realidad, el semicírculo no es tal, sino que está ensanchado en unos 76 mm para poder alojar los mandos principales del aparato **D** y **P**. En el sector semicircular va fijado un brazo **L** de 762 mm de longitud que puede bascular sobre un eje enclavado en el centro del círculo. El movimiento del brazo sobre su eje se transmite mediante una cuerda que pasa por una acanaladura mecanizada en el canto del semicírculo. La cuerda se une al brazo mediante un gancho situado en la parte trasera del mismo y, dispuesta a lo largo de la ranura del disco, retorna hasta la polea **q** para llegar hasta un pequeño tetón (localizado en el plano del semicírculo) donde se conecta un acoplamiento *cardán*⁶ (Figura 5) solidario al mando **P** para gobernar el movimiento. Este montaje permite que el brazo **L** pueda ser colocado a cualquier altitud (o lo que es lo mismo, a cualquier inclinación), desde la posición horizontal hasta la perpendicular, e incluso puede descender por su propio peso por debajo de la línea horizontal hasta el caso extremo de perpendicularidad totalmente opuesta a la anterior (extremo del brazo mirando al suelo). El peso del mando **P** es suficiente para mantener el brazo en cualquier posición, pero si el movimiento fuera demasiado suave, un muelle de fricción aplicado al cilindro de unión moderará a voluntad la presión.

En la parte frontal del brazo **L** se dispone una pequeña corredera de unos 76 mm de longitud que puede moverse en un ensamblaje en “T”, desde el extremo del brazo hasta el centro del semicírculo. Una cuerda -sujeta al canto izquierdo de la corredera- va hasta el extremo del brazo rodeando la polea **m** y pasando después por la parte inferior del brazo, desde **m** hasta **n** en dirección al centro; desde aquí es conducida por una ranura de forma circular sobre el canto del brazo en su extremo derecho para ascender hasta un tetón (igualmente sobre el plano del semicírculo) donde está conectado el segundo mando principal **D**. Una segunda cuerda se fija a la corredera, ahora en su canto derecho, y es dirigida hacia el centro por la polea **n**. Una contrapesa **w**, suspendida en el extremo libre de la cuerda mantiene el sistema en tensión y envía la corredera hacia el centro cuando se imprime un giro contrario al mando **D**.

Los mandos principales **P** y **D** son dos livianas varas de 3,048 metros de longitud. El mando **P** podía estar graduado (cerca de su extremo libre) con ciertas divisiones para conocer exactamente la distancia (en pies, pulgadas y décimas de pulgada) que mediaba entre la lámpara fija central y el observador. A este respecto, Herschel contaba con la asistencia infatigable e incondicional de su hermana Caroline, que -según ella comentó- era la encargada de obtener la medida

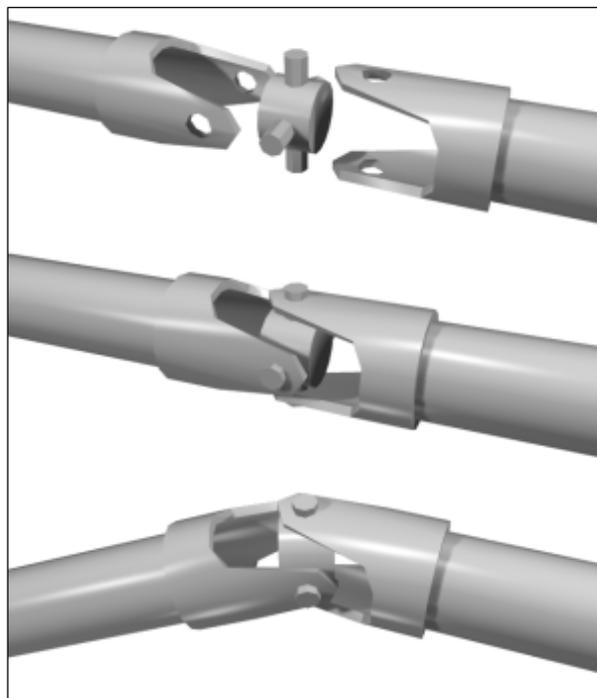


Figura 5. Esquema de la junta cardán. Wikipedia.

de la distancia con la mayor pulcritud, mientras su hermano permanecía estático ante ocular.

Las lámparas.

En este apartado Herschel pasa a describir las dos lámparas que dan el nombre al micrómetro. Denotadas como **a** y **b** son dos pequeñas cajas idénticas de las siguientes dimensiones: alto: 50,8 mm, ancho: 38,1 mm y fondo: 31,75 mm. La cara frontal conforma una puerta corredera en sentido vertical hacia arriba, construida de una fina lámina de latón. Dentro de la lámpara **a** la llama se sitúa a 7,62 mm de la cara interior izquierda, a la misma distancia de la puerta frontal y a 12,7 mm del fondo. En la lámpara **b** se ubica a las mismas distancias, pero medidas con relación a la cara interna derecha. La mecha de la lámpara, propiamente dicha (que es una lámpara de aceite común) consistía en una fina hebra de algodón. Así, la llama producida era muy pequeña y fácil de mantener ardiendo dentro del habitáculo cerrado. En la parte superior de cada lámpara, se definían sendas rendijas muy estrechas (**i**, **k**), que junto a otras dos pequeñas aberturas **s** situadas cerca de la parte superior de las cajas, permitían la suficiente circulación de aire que alimentara la llama. Para evitar cualquier indeseada reflexión de la luz interna, la abertura lateral de la lámpara **a** estaba practicada a la derecha y la de la lámpara **b** a la



izquierda. Cada puerta corredera frontal tenía un diminuto agujero –realizado con la punta de una aguja muy fina– localizado justo al lado contrario de la posición donde ardían las mechas. Cuando las puertas estaban cerradas, se podían distinguir dos puntos luminosos (**I**) brillando como dos estrellas de la tercera o la cuarta magnitud, gracias a la luz que salía al exterior a través de los orificios reseñados.

La lámpara **a** estaba dispuesta de tal forma que su punto luminoso coincidía con el centro exacto del semicírculo y se mantenía siempre fija en esta posición. La lámpara **b** se ubicaba en la pequeña corredera móvil a lo largo del brazo, de tal manera que su punto luminoso, en posición horizontal con respecto al brazo, puede estar a cualquier nivel con relación al punto luminoso central. La lámpara móvil es solidaria a una pieza de latón (**R**) que a su vez se une a la corredera mediante un clavo pivotante (**c**) ubicado exactamente detrás de la llama y que permite la oscilación del conjunto para mantener la lámpara siempre vertical gracias a un contrapeso de plomo (**W**)

dispuesto en la parte inferior de la caja. Así, gracias a esta plomada, se asegura la verticalidad de la lámpara independientemente de que el brazo esté por encima o por debajo de la horizontal. En la parte inferior de la chapa **R** y remachado a ella existe un eje roscado que sirve –mediante la tuerca correspondiente– para fijar la lámpara, una vez insertado en un agujero pasante practicado en el contrapeso **W**.

Procedimiento de medición

Según Herschel, el telescopio newtoniano es muy recomendable para el uso del micrómetro de lámparas por varias razones de comodidad: el observador siempre permanece erguido y mira en una dirección horizontal, aun el caso extremo de que el telescopio apunte al zenit. Por otro lado, colocado convenientemente, nunca causa obstrucción a la visión del observador. El micrómetro se coloca a una determinada distancia del ojo izquierdo en una línea perpendicular al tubo del telescopio y, tras regular el semicírculo sobre la

Fundamento geométrico del Micrómetro de Lámparas

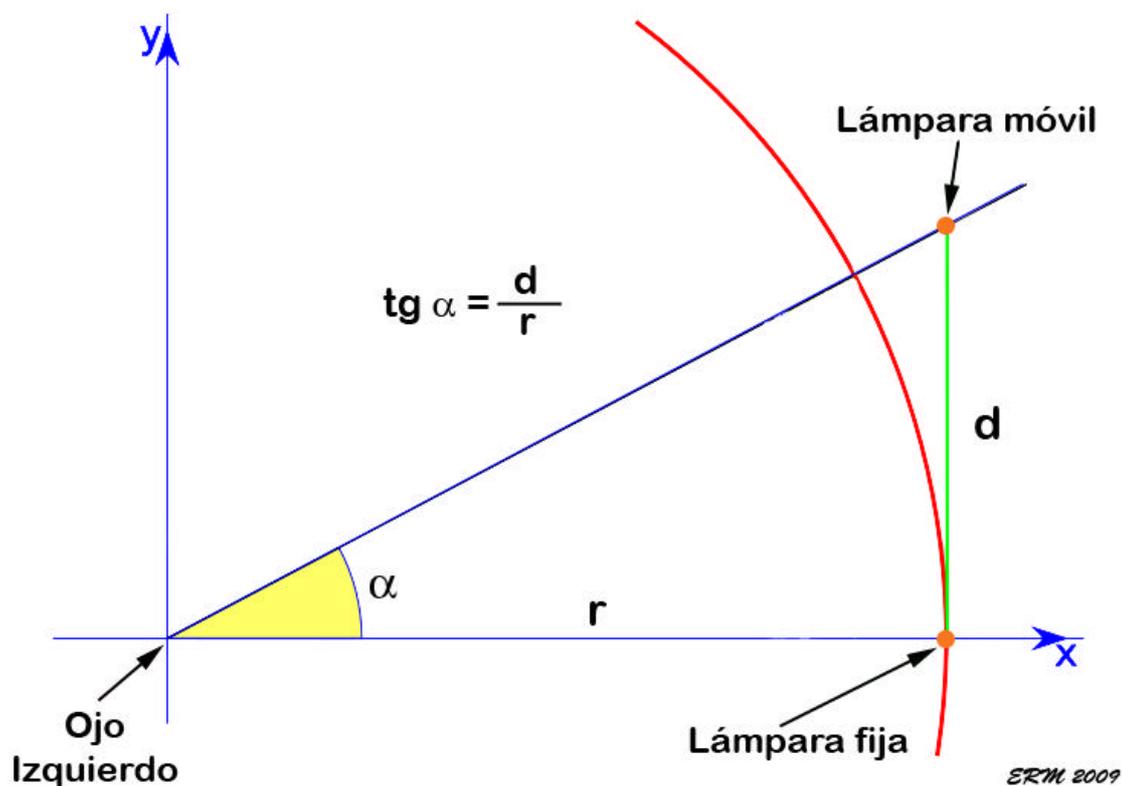


Figura 6. Representación geométrica de los parámetros involucrados en la medición con el micrómetro de lámparas. (Cortesía del autor).



vertical para que el punto luminoso de la lámpara fija central esté a la misma altura que el ojo, ya es posible pasar a la medición. Herschel anota dos pequeños trucos para mejorar la observación: en el extremo izquierdo del tubo del telescopio practica un rebaje o escote que permita al ojo izquierdo poder ver el micrómetro al completo⁷ y para efectuar un cómodo manejo de los mandos principales, éstos, se hacen descansar sobre un par de argollas u aros sujetos en el propio tubo del telescopio, consiguiendo así que estén al alcance de la mano.

Tras llevar una estrella doble al campo del ocular, ésta es vista con el ojo derecho y al mismo tiempo el ojo izquierdo controla el micrómetro. Maniobrando en el mando **P**, que gobierna la posición del brazo, se debe conseguir colocar los puntos luminosos de las dos lámparas en la misma orientación que muestra la pareja real en el ocular. Seguidamente, se deberá accionar sobre el mando **D** para llevar el punto luminoso móvil a la misma distancia que muestra el par real. En definitiva, habrá que conseguir que la estrella doble simulada con los puntos luminosos de las lámparas tenga el mismo aspecto en orientación y distancia que las componentes vistas con el ojo derecho. Herschel apunta que con un poco de práctica estas tareas no resultan muy dificultosas, sobre todo si ya se ha adquirido la costumbre de observar con los dos ojos abiertos.

Después del ajuste basta medir sobre el micrómetro -con el mayor cuidado posible- la distancia entre los dos puntos luminosos mediante una regla graduada de precisión. Esta medida es la tangente de la separación angular ampliada bajo la cual son vistas las dos estrellas a una distancia *ojo izquierdo-punto luminoso fijo* determinada (el radio). El ángulo obtenido en este paso será dividido por el número de aumentos empleados en la observación, siendo el resultado de esta operación la buscada distancia angular real (en segundos de arco) entre los centros de las dos estrellas que componen pareja estudiada.

Ejemplo real de una medición

Herschel ilustra su procedimiento de medición con la estrella doble Alfa Herculis, observada el día 25 de septiembre de 1781. Todos los parámetros numéricos involucrados en la medición (originariamente en pies y pulgadas ingleses) los hemos convertido en milímetros y en esas unidades realizaremos los cálculos.

Según describe Herschel, la distancia desde el ojo izquierdo hasta la lámpara fija central (radio, r) es de poco más de 3 metros (3.153,41

mm). La distancia, d , entre los dos puntos luminosos es de 32,131 mm. Usando estas dos longitudes en conjunción con trigonometría básica se obtiene la separación angular ampliada (460 veces) subtendida por los puntos luminosos de las dos lámparas a una distancia r del observador (Figura 6).

Aplicando la ecuación de la Figura 6 se obtiene un ángulo ampliado de 35,02', el cual habrá que dividir por los aumentos empleados (460 en este caso) para derivar la distancia angular real entre los centros de las componentes de la estrella doble. El resultado es que la separación de Alfa Herculis es igual a 4,57" (4" 34''").

Finalmente, se comprueba que la escala del micrómetro de lámparas con la configuración indicada y de acuerdo a los valores d , r y 460x es de 7 mm/segundo de arco. Herschel resalta en este punto que con un aumento de 932, sin incrementar la distancia al micrómetro y en noches especialmente estables llegó a obtener escalas de más de media pulgada por segundo (algo más de 13 mm/segundo de arco) y siempre valores más capaces que con sus otros micrómetros.

Para concluir, Herschel alega que el micrómetro de lámparas resultaba muy útil para otros tipos de mediciones, tales como los diámetros de las estrellas fijas, los de las montañas lunares o los de los planetas. Por ejemplo, el 28 de noviembre de 1781 realizó la primera medición de su recién descubierto *Georgium Sidus* (Urano), obteniendo un resultado de 5,06", alegando que la noche era inestable y que la imagen acusaba mucha aberración. Ésta y otras muchas mediciones fueron publicadas en un artículo titulado *On the Diameter and Magnitude of the Georgium Sidus; with a Description of the dark and lucid Disk and Periphery Micrometers*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Volumen 73, pp. 4-14, 1783. En este trabajo da cuenta de sus experimentos con varias modificaciones del micrómetro de lámparas, dando lugar a tres variantes: el *lucid disk micrometer*, el *dark disk micrometer* y el *periphery micrometer*; todos ellos destinados a obtener la más precisa medida del diámetro de Urano. En estas observaciones trabajaba solamente con una lámpara, en realidad un farol grande en este caso, capaz de poder albergar hasta tres llamas, las cuales podían encenderse o apagarse independientemente a voluntad según fuera necesario. La puerta corredera frontal se sustituía por otra de cartón fino con un vaciado circular (hizo un conjunto de plantillas cuyos agujeros iban variando sus diámetros en incrementos de 2,54 mm y desde 50,8 mm hasta 127 mm). La plantilla elegida en la observación era cubierta



con una o varias hojas de papel blanco o de colores, que podían estar secos o impregnados en aceite para aumentar la transparencia. Todo ello pretendía conseguir un disco artificial que en tamaño y luminosidad igualara el disco real de Urano visto a través del telescopio. La medición se realizaba usando el mismo procedimiento del micrómetro de lámparas original, pero en este caso la distancia d era el diámetro del disco lúcido seleccionado. Esta variante era el *lucid disk micrometer*. Por el contrario, si la plantilla mostraba un disco oscuro sobre fondo iluminado, se constituía el *dark disk micrometer*. Finalmente, el efecto que mezclaba los dos anteriores y permitía ver un delgado anillo iluminado, es decir, solo la periferia del disco de comparación, se bautizó como *periphery micrometer*.

Este último párrafo viene a demostrar, una vez más, el carácter infatigable y paciente de un hombre empeñado en robarle al Universo sus secretos con talento, ingenio y el trabajo de sus manos.

Para concluir nuestra exposición, quisiéramos indicar a los lectores que, si existe la oportunidad, no dejen de visitar el **Herschel Museum of Astronomy** (<http://www.bath-preservation-trust.org.uk/?id=8>), en Bath, ubicado en la que fue su primera casa en Inglaterra. Allí, entre otras muchas cosas interesantes, podrán contemplar una réplica a tamaño real del entrañable micrómetro de lámparas, instrumento algo más conocido, así lo esperamos, a partir de ahora (figura 7). Por cierto, en la actualidad, el autor de este trabajo de investigación está en proceso de fabricar un *lamp-micrometer* similar al referido con la idea de probarlo en la medición de estrellas dobles brillantes y comprobar su rendimiento. Quizás los datos recogidos den cuerpo y esencia a un futuro artículo. ©

Notas

1: En muchas parejas se observaban diferencias de brillo considerable entre las componentes. Según el razonamiento de la época parecía lógico pensar que aquello era debido a las desiguales distancias existentes entre nosotros y cada uno de los astros. Intuitivamente, la estrella más cercana sería, por lógica, la estrella más brillante y, en consecuencia, la más débil se correspondería con la más alejada. Galileo pensó que se podría utilizar este efecto para demostrar que la Tierra giraba alrededor del Sol, según proclamaba el nuevo modelo Copernicano y, a la vez, se podría calcular la distancia a las estrellas. La herramienta utilizada habría de ser la *paralaje*. Si observamos una

estrella cercana en dos instantes de tiempo, separados por seis meses de diferencia, apreciaremos un ligero cambio en la posición del astro con respecto al fondo estelar. En esos seis meses la Tierra habrá recorrido la mitad de su periodo orbital y se hallará por tanto en un punto diametralmente opuesto al que se encontraba cuando realizamos la primera medición. De forma concreta, estamos ante lo que se denomina paralaje anual, por el movimiento de traslación terrestre alrededor del Sol de un año de duración. Durante ese tiempo la posición aparente de la estrella irá desplazándose hasta dibujar una pequeña elipse en el espacio, que no será otra cosa sino el reflejo de la órbita de la Tierra. Es lo que se denomina movimiento paraláctico. La distancia angular entre el borde y el centro de la elipse trazada será la *paralaje estelar*.

2: Su hijo, John Herschel, publicó en 1867 una recopilación de la totalidad de sus observaciones de estrellas dobles: *A Synopsis of all Sir William Herschel's Micrometrical Measurements and Estimated Positions and Distances of the Double Stars described by him, together with a Catalogue of those Stars in order of Right Ascension, for the epoch 1880.0, so far as they capable of identification*. *Memoirs of the Royal Astronomical Society*. 35. S.21-136

3: Aunque ya hizo un adelanto de su descubrimiento un año antes -en su catálogo de nebulosas y cúmulos- la publicación oficial del mismo tuvo lugar en junio de 1803: *Account of the Changes that have happened, during the last Twenty-five Years, in the relative Situation of Double-stars; with an Investigation of the Cause to which they are owing*. (Descripción de los cambios que han ocurrido en los últimos veinticinco años, en la relativa posición de estrellas dobles, con una investigación de las causas por las cuales han ocurrido). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Part 1, Vol. 93, pp. 339-382. Aquí Herschel escribe: "Procederé ahora, por consiguiente, a dar cuenta de una serie de observaciones de estrellas dobles, comprendiendo un periodo de alrededor de veinticinco años con las cuales, si no estoy equivocando, se probará, que algunas de ellas, no son meramente dobles en apariencia, sino que pueden ser combinaciones binarias reales de dos estrellas, mantenidas juntas íntimamente por los lazos de su mutua atracción".

4: Edward Nairne (1726-1806) y Thomas Blunt (-1823). Nairne fue un reputado fabricante inglés de instrumentos científicos. Entre 1774 y 1793 formó sociedad con Blunt que había sido su aprendiz desde 1760.



Figura 7. Réplica del micrómetro de lámparas que se expone en la casa de Herschel en Bath. La imagen fue tomada por simon.f, un estudiante de Astronomía de Nueva Zelanda y cedida amablemente a OED. Disponible en: <http://www.flickr.com/photos/25395069@N06/2557277106/in/photostream/>

5: El cometa descrito en este artículo resultará ser el planeta Urano.

6: El **cardán** es un componente mecánico, descrito por primera vez por **Gerolamo Cardano**, o **Girolamo Cardan** (1501-1576), que permite unir dos ejes que giran en ángulo uno respecto del otro y cuya orientación relativa puede cambiar a lo largo del movimiento. Su objetivo es transmitir el movimiento de rotación de un eje al otro a pesar de ese ángulo.

7: Para entender mejor el fundamento de esta sugerencia convendría recordar que los telescopios de Herschel no eran newtonianos en un sentido estricto. Los espejos metálicos esféricos que Herschel fabricó se colocaban inclinados con respecto al eje del tubo y además estaban desplazados respecto de su centro. La imagen focal se formaba en algún punto cercano al borde inferior del tubo y allí era donde se colocaba el ocular. El observador se colocaba mirando a la propia boca del tubo y de ahí la justificación de realizar un escote lateral izquierdo que permitiera ver el micrómetro de lámparas. Con esta configuración Herschel evitaba tener que intercalar el espejo secundario

plano, típico de los reflectores de Newton y se aprovechaba al máximo el poder colector de luz del espejo. Esto era vital para Herschel pues, como hemos visto, observaba a grandes aumentos, sin olvidar la paulatina pérdida de reflexión de los espejos metálicos que, al empañarse muy a menudo, provocaban una considerable merma en el rendimiento del instrumento.

Agradecimientos

Muchas gracias a simon.f por el material fotográfico aportado.

Bibliografía

Analyse de la vie et des travaux de Sir William Herschel, M. Arago, PARIS: Bachelier, Imprimerie-Libraire, 1843.

The Scientific Papers Of Sir William Herschel, Vol I, LONDON: Publicado por The Royal Society and The Royal Astronomical Society y Dulau & Company, LTD, 1912.

The Herschels and modern astronomy, Agnes Mary Clerke, CASSELL and COMPANY, Limited, LONDON, PARIS & MELBOURNE, 1895.

Herschel, Hector Macpherson, LONDON: Society for promoting Christian knowledge, NEW YORK: The Macmillan Company, 1919.

William Herschel and His Work, James Sime, EDINBURGH: T. & T. Clark, 1900.

Sir William Herschel, his life and works, Edward S. Holden, NEW YORK: Charles Scribner's Sons, 743 and 745 Broadway, 1881.



El pasado domingo 19 de julio el astrónomo aficionado **Anthony Wesley** decidió tomar unas imágenes CCD de Júpiter usando el nuevo telescopio newtoniano de 14.5 pulgadas de su observatorio particular en Murrumbateman, un pueblecito a 50 km de Canberra, la capital australiana. Esto no es algo atípico en un astrónomo aficionado, aunque el frío del invierno austral y las altas horas de la noche seguro motivarían a más de uno a refugiarse en el calor de la cama. En esta ocasión, no obstante, el esfuerzo tuvo recompensa: al examinar las imágenes según las iba tomando, Anthony advirtió una mancha negra en la región polar sur de Júpiter. Descartada rápidamente que fuese la sombra de un satélite, su primera impresión fue la correcta: ese rasgo oscuro era similar al que dejaron los impactos del tren cometario Shoemaker-Levy 9 allá en 1994. En otras palabras, el astrónomo aficionado Anthony Wesley había descubierto que un cometa o asteroide había chocado con Júpiter unas pocas horas antes. El hallazgo fue confirmado rápidamente por el telescopio infrarrojo *IRTF* de la NASA en Hawai. El suceso, desde mi punto de vista de los más destacados del año, fue tan importante que incluso hizo modificar el calendario de observaciones del *Telescopio Espacial Hubble* para obtener imágenes de la zona del impacto con alta resolución.

A diario, muchos astrónomos aficionados realizan sistemáticamente observaciones similares de Júpiter con el objeto de estudiar la compleja dinámica de la atmósfera joviana. Su labor es encomiable y los resultados pocas veces son superados por aquellos conseguidos con telescopios profesionales. Normalmente, éstos están especializados en conseguir imágenes y espectros profundos con largos tiempos de exposición. Al igual que con otros muchos proyectos, observar Júpiter a diario es algo que los astrofísicos profesionales no podemos hacer. El cielo es muy grande, y sólo existen unos pocos telescopios profesionales en todo el planeta. En comparación, el ingente arsenal de espejos, lentes y accesorios, desde lentes Barlow a filtros de Ha y [O III], va creciendo entre los astrónomos aficionados año a año. Los astrofísicos profesionales tampoco tenemos todo el tiempo de telescopio que queremos: cuando un astrofísico quiere realizar observaciones para su trabajo científico, primero necesita que su proyecto se apruebe por un comité evaluador, que con suerte concede unas pocas noches para esas observaciones en concreto. Finalmente, los grandes avances tecnológicos vividos en los últimos años han puesto al alcance de muchos astrónomos aficionados tanto detectores CCD de última generación como equipos informáticos potentes y herramientas de procesamiento de datos capaces de realizar cálculos impensables por los astrofísicos profesionales hace sólo un par de décadas. Tal es así que estudios lunares o planetarios, observaciones sistemáticas de cometas, estrellas dobles y variables o búsqueda de supernovas en otras galaxias son en muchas ocasiones liderados por los astrónomos aficionados. Sólo tiene el lector que ojear esta revista para apreciar la calidad del trabajo de investigación en estrellas dobles realizado por astrónomos no profesionales

Otro ejemplo más de la labor de los astrónomos aficionados, muy destacado en los últimos congresos internacionales de astrofísica a los que he asistido, lo componen las espectaculares imágenes profundas de galaxias obtenidas por el astrónomo estadounidense **R. Jay Gabany**. En concreto, usó un telescopio robótico de medio metro de tamaño localizado en las montañas de Nuevo México (EE.UU.) para obtener una sorprendente toma de la galaxia NGC 5097, una espiral vista de perfil. Esta imagen profunda, obtenida tras combinar más de 11 horas de datos, muestra unas sutiles estructuras arqueadas que rodean a la galaxia principal. Son los restos diseminados de estrellas gas

La labor de los astrónomos aficionados

por
Ángel R. López-Sánchez

y polvo de una galaxia enana que está siendo destruida por NGC 5097. Este hallazgo confirma que galaxias como la Vía Láctea están devorando continuamente galaxias más pequeñas.

Y es que la Astronomía es posiblemente la ciencia en la que el personal no científico contribuye más al avance del conocimiento. Creemos, por ejemplo, que **William Herschel** o **Charles Messier** eran profesionales, pero el primero era músico y el segundo empleado de la marina francesa, aunque sí es cierto que ambos consagraron pronto su vida a la Astronomía. Los astrónomos aficionados juegan un papel muy importante en el conocimiento del cielo, sobre todo si se posee la constancia y la pasión que muchos de ellos tienen. **Timothy Ferris** expone de forma magistral estas reflexiones en su exquisito libro *"Seeing in the Dark: How Backyard Stargazers Are Probing Deep Space and Guarding Earth from Interplanetary Peril"*, una delicia recomendada a toda clase de astrónomos.

Ciertamente, en Astronomía siempre ha sido muy difusa esa línea divisoria entre *astrónomos aficionados* y *astrofísicos profesionales*. Nótese la diferencia, puesto que no todos los astrofísicos profesionales tienen conocimientos de astrónomos aficionados (me viene el caso de aquella astrofísica que, durante unas observaciones en el Observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma, se preocupó de las nubes que venían, cuando en realidad era la Vía Láctea) ni todos los astrónomos aficionados han estudiado una carrera científica que les haga comprender con modelos físicos qué hay detrás de las observaciones y busquen teorías que las expliquen. Además, el trabajo de los astrofísicos profesionales es investigar, aunque también se le eche mucho tiempo libre (a veces, demasiado) porque suelen disfrutar de su trabajo. Sí, en este punto astrónomos aficionados y astrofísicos profesionales tienen un nexo importante en común: a todos nos apasiona el mundo de las estrellas.



ANTHONY WESLEY

Por supuesto, los astrónomos profesionales nos damos cuenta del enorme potencial de investigación que, exponencialmente, van teniendo los astrónomos aficionados. Tal es así que el próximo noviembre se celebrará un congreso en la preciosa ciudad de Córdoba en donde se reunirán por primera vez los dos mundos. El objetivo principal es conocer el potencial observacional de los astrónomos aficionados españoles e iniciar proyectos competitivos de investigación científica en colaboración (se ha bautizado como **colaboración Pro-Am**). Para ello, es muy importante que ambos colectivos trabajen codo con codo y que existan unas líneas de comunicación que faciliten un rápido contacto entre aficionados y profesionales. Puedes encontrar más información sobre este congreso en la página de la Sociedad Española de Astronomía, <http://sea.am.ub.es/ProAm/>.

Quizás ése es otro de los encantos de la Astronomía: el cielo está abierto para todos. Ahí arriba, el firmamento espera a desvelar sus misterios a toda persona que se interese por él, sea una chica de 12 años con unos prismáticos o un consagrado astrofísico de 50 años ansioso de usar el Gran Telescopio de Canarias. Muy en el fondo, sigue siendo una búsqueda personal para entender nuestros propios orígenes, quiénes somos y hacia dónde vamos. ©

— **El Dr. Ángel R. López-Sánchez**, astrofísico cordobés en el *Australia Telescope National Facility* y miembro de la *Agrupación Astronómica de Córdoba*, escribe regularmente en el blog *El Lobo Rayado*, en la dirección de internet <http://angelr1s.blogalia.com>