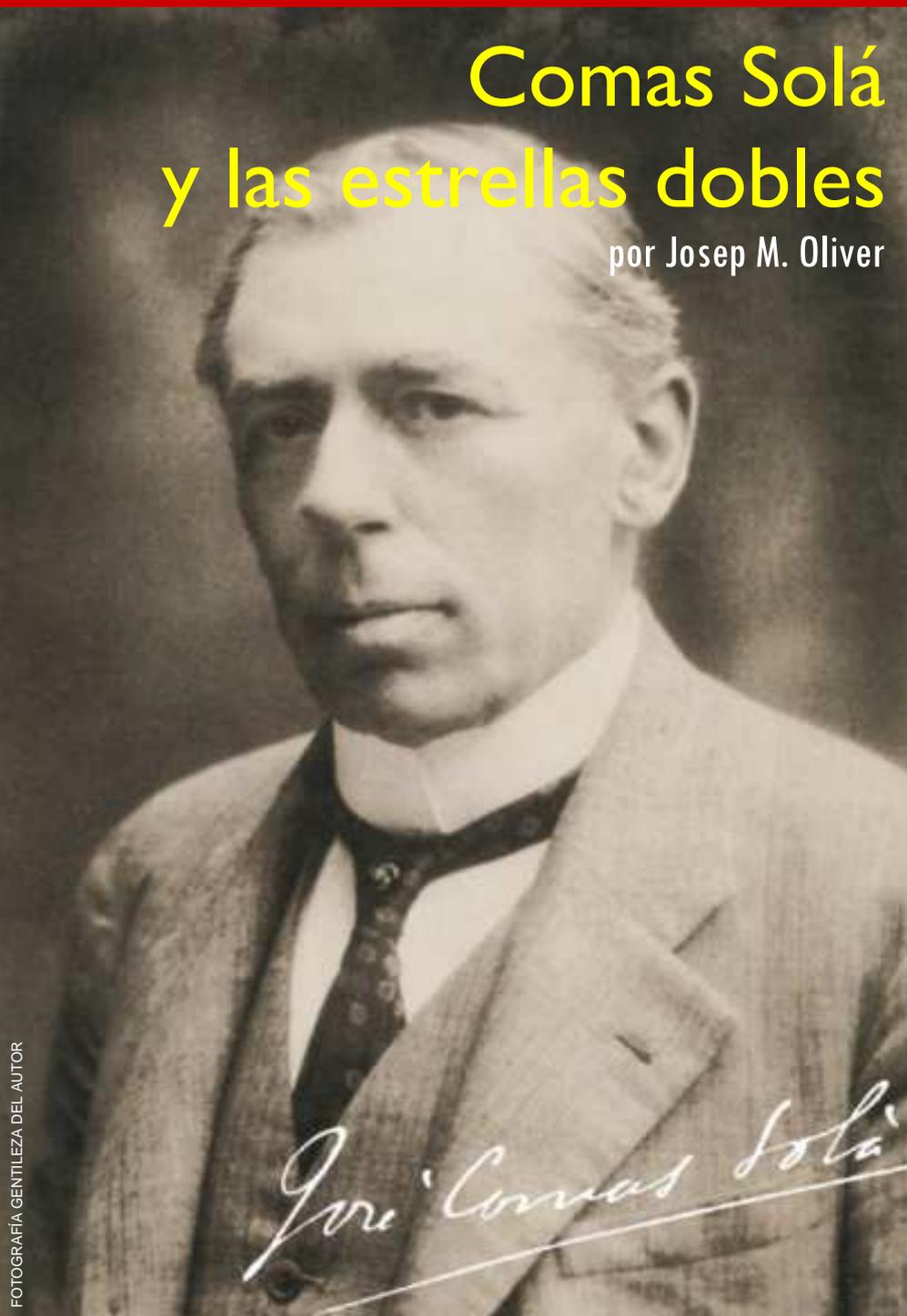


el observador de estrellas dobles

10 enero
junio
2013
AÑO · V

Comas Solá y las estrellas dobles

por Josep M. Oliver



FOTOGRAFÍA GENTILEZA DEL AUTOR

El uso de los movimientos propios para determinar la naturaleza de una binaria

Francisco M. Rica Romero

Estudio de la doble AZC 2

Antonio Agudo Azcona

JLM 1, una binaria separada cercana y de muy baja masa

Juan Lendínez y F. Rica

Estrellas dobles desde el Observatorio de Dax

Marcel Fay

Un poco de teoría sobre la resolución necesaria para medir sistemas dobles

Francisco Soldán Alfaro

Observaciones desde el OAWC

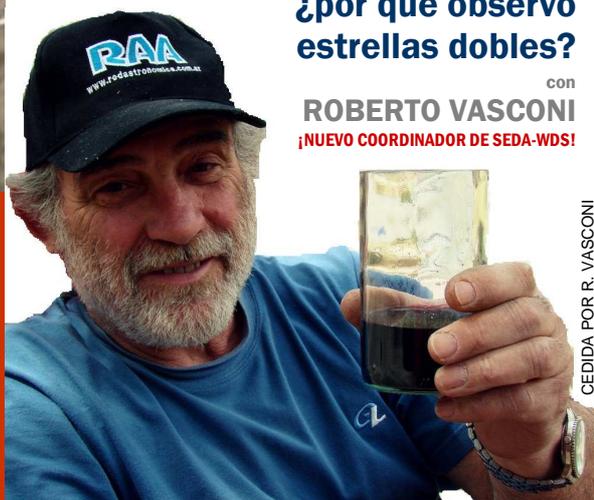
Carlos A. Krawczenko

Y MUCHO MÁS...

José M. Carro, Lluís Ribé, Ángel M. López, Miguel Muro, Francisco Caleyá, Juan-Luis Glez. Carballo, etc.

¿por qué observo
estrellas dobles?

con
ROBERTO VASCONI
¡NUEVO COORDINADOR DE SEDA-WDS!



CEDIDA POR R. VASCONI

PROYECTO SEDA-WDS
resultados
de Lyn – Cir
y nuevas campañas



estrellas dobles
en el CEA '12
y en CAPAS
por I. Novalbos

FUERA
DE FOCO

David
Bishop



© D. BISHOP



ISSN 1989-3582

índice

ACTUALIDAD

Editorial | 3

Noticias de actualidad | 4
por *Francisco M. Rica*

Nuevas campañas del Proyecto
SEDA-WDS y SEDA-WDS AUSTRAL | 9

CRÓNICA

Reseña del Congreso Estatal de
Astronomía (Gandía, 2012) | 12
por *Ignacio Novalbos Cantador*

OBSERVACIÓN

Resultados de la tercera campaña
del Proyecto SEDA-WDS: Lyn y Cir | 18
por *AA. VV.*

Tercera campaña de observación de
estrellas dobles de Espin (y III) | 27
por *Juan-Luis González Carballo*

Una premier: medidas CCD de 210
estrellas dobles en modo remoto | 38
por *Marcel Fay*

Primeras medidas CCD desde el OAWC | 42
por *Carlos A. Krawczenko*

Medidas de diez estrellas dobles
(diciembre de 2012) | 59
por *José M. Carro*

Observación de estrellas dobles
olvidadas | 64
por *Lluís Ribé de Pont*

Mediciones astrométricas de estrellas
dobles durante 2010/2011 | 70
por *A. M. López, F. Caleyá y M. Muro*

Estudio y caracterización del sistema de
movimiento propio común AZC 2 | 77
por *Antonio Agudo Azcona*

WDS 03510+1414 (JLM 1):
estudio y caracterización | 84
por *Juan Lendínez y F. Rica*

El uso de los movimientos propios para
determinar la naturaleza de una estrella doble | 92
por *Francisco M. Rica Romero*

Nyquist, splitting y un poco de teoría sobre
la resolución necesaria para medir estrellas
dobles | 99
por *Francisco C. Soldán Alfaro*

¿Por qué observo estrellas dobles? | 107
Firma invitada: *Roberto Vasconi*

Comas Solá,
observador de estrellas dobles | 109
por *Josep M. Oliver*

Congreso Am-Pro de astrofísica estelar | 117
por *Ignacio Novalbos Cantador*

Supernovas: cuando una estrella explota | 121
Firma invitada: *David Bishop*

ESTUDIOS

METODOLOGÍA

¿POR QUÉ...?

HISTORIAS

CRÓNICA

FUERA DE FOCO

condiciones de publicación

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.
- 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 semestral. La fecha límite de recepción de trabajos para el próximo número será el 1 de mayo de 2013.

EMPEZAMOS UNA NUEVA ÓRBITA y lo hacemos, como siempre, con fuerzas renovadas, con la mirada puesta en el futuro y con el empeño obsesivo de ofrecer una revista de calidad. Aquí comienza el quinto año de vida de OED; aquel proyecto, iniciado en enero de 2009, es ahora una publicación madura, consolidada y de prestigio. Mantener en el tiempo una revista tan peculiar, especializada, específica (y en muchos aspectos única) como *El Observador de Estrellas Dobles* no es una tarea fácil. Sin embargo, nosotros, como equipo editor, estamos tremendamente satisfechos y orgullosos. Nuestro aporte, meramente físico y temporal, sin ningún otro interés de índole material compensativo, se prima exclusivamente con los artículos que nos enviáis para publicar. Vosotros, colaboradores y lectores, sois los que realmente procuráis continuidad a OED. La certeza de estas convicciones está presente en este nuevo ejemplar que está en tus manos, el número 10. Su volumen de páginas es el mejor indicativo de la excelente salud de la revista. Afortunadamente, no hay crisis en esta parcela de la Astronomía; más bien, todo lo contrario.

OED 10 es un número bien equilibrado: divulgación y observación en una equivalente representación. Nos gustaría destacar el artículo firmado por Francisco Rica Romero sobre los movimientos propios de las estrellas dobles y la utilización de los mismos como criterio básico y necesario para aceptar o rechazar la binariedad. La experiencia nos dice que este test no siempre es utilizado de manera correcta. Este trabajo, de una manera definitiva (al menos así lo esperamos), guiará a aquellos observadores que pretendan presentar candidatas a nuevas parejas de estrellas. De un tiempo a esta parte, de manera reiterada y ciertamente desafortunada -tal y como ya nos hemos pronunciado con anterioridad en este mismo espacio-, proliferan los casos en los que se intenta catalogar en WDS "descubrimientos" de meros pares ópticos sin ningún interés. El efecto de estos hechos es una contaminación superflua e innecesaria del *catálogo maestro*. Nuestro ego observador no debe caer en la *trampa descubridora bajo el único criterio de la simple cercanía*. Seamos humildes (no busquemos records), honestos (tengamos espíritu crítico sobre nuestro propio trabajo) y rigurosos en el contenido científico de nuestras observaciones. Solo así, nuestra credibilidad ante la comunidad profesional se

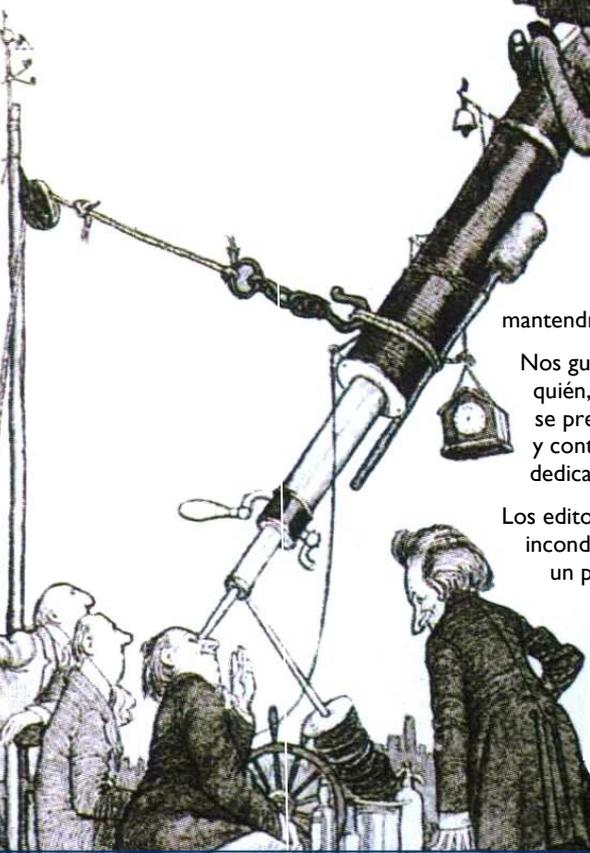
mantendrá incólume.

Nos gustaría, hacer una mención especial a nuestro amigo y colaborador Ignacio Novalbos Cantador, quién, últimamente, está siendo un reportero de lujo para OED. Allá, en cualquier evento congresual que se precie donde se hable de estrellas dobles, está siempre Novalbos para levantar acta de lo acontecido y contarlo de una manera extraordinariamente amena en nuestras páginas. Nuestro agradecimiento a su dedicación.

Los editores de OED, a la vez coordinadores del Proyecto SEDA-WDS, hemos decidido nombrar a nuestro incondicional Roberto Vasconi, coordinador de la versión austral del proyecto. Desde Argentina y desde un primer momento, Roberto ha sido calladamente nuestro mejor corresponsal en tierras suramericanas, tanto publicitando el proyecto incansablemente para reclutar adeptos, como siendo nuestros ojos a la hora de elegir las constelaciones de las campañas australes. Creemos que su dedicación e implicación merecen la oficialización de este nombramiento: *Coordinador Austral del Proyecto SEDA-WDS*. Nuestra enhorabuena y sobre todo nuestro agradecimiento más sincero. Por cierto, no os perdáis la sección *¿Por qué observo estrellas dobles?* firmada en este número por el propio Vasconi: sencillamente deliciosa.

Feliz 2013 y que disfrutéis de este ejemplar de OED.

LOS EDITORES



director honorífico

Sr. D. José Luis Comellas García-Llera

editores

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

rafaelbenpal@gmail.com
struve1@gmail.com
ermasa.dsa@gmail.com

sitio web

www.elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com

colaboradores

Florent Losse, Rafael Caballero, José Martín Carro, Francisco Violat Bordonau, Juan Jordano, Francisco M. Rica, Carlos A. Krawczenko, Martine Castets, Bernard Tregon, Ángel M. López Borrega, Jesús R. Sánchez, Oscar Lleixà Subirats, Paco Bellido, Ignacio Novalbos, Ángel R. López, Ángel Otero, Juan M.ª Díaz, Tomás Vázquez, Miguel Muro, Ángel Gómez Roldán, Javier Armentia, Margarita Granado, Pablo Santos Sanz, Israel Tejera Falcón, Josefina F. Ling, Rainer Antón, Brian D. Mason, David Galadí, Juan Lendínez, Antonio Agudo Azcona, Lluís Ribé de Pont, Germán Bresciano, Giuseppe Micello, J. A. Docobo, Carlos Alberto Lasgoity, T. Tobal, X. Míret, Francisco Soldán Alfaro, David Cejudo, Enrique de Ferrá, Faustino García, Javier M. López Cuñat, Roberto Vasconi, Julio Castellano, Andrés Chapman, Marcel Fay, F. Caleyá, Josep M.ª Oliver, David Bishop

con el apoyo de

Planetas extrasolares en sistemas estelares múltiples

Un grupo de astrofísicos de Alemania y USA determinó la multiplicidad de las estrellas con exoplanetas con el objetivo de estudiar la influencia de la compañera estelar sobre las propiedades de las candidatas a planetas. Para ello cruzaron las estrellas que poseen candidatos a planetas con un catálogo de multiplicidad y con la literatura astronómica. En total 57 estrellas con exoplanetas tienen también una compañera estelar. La fracción de multiplicidad estelar es de al menos el 12%, unas 4 veces más pequeño que la multiplicidad de estrellas de tipo solar. Las masas y el número de planetas en sistemas estelares múltiples dependen de la separación de la estrella que alberga el planeta y su compañera estelar más cercana. Este grupo de astrónomos presenta una visión actualizada de candidatos a exoplanetas en sistemas estelares múltiples, incluyendo 15 nuevos sistemas (comparado con el resumen más reciente de 2009). [2012A&A...542A..92R, Junio 2012]

DESCUBRIMIENTO DE UN SISTEMA MÚLTIPLE ORBITANDO A HD 1160, UNA JOVEN ESTRELLA DE TIPO A

Un grupo internacional, compuesto por numerosos astrofísicos, ha presentado el descubrimiento de dos compañeras de baja masa de la joven estrella de tipo A0V llamada HD 1160 (figura 1). Las nuevas componentes se encuentran a separaciones de 81 ± 5 ua (HD 1160 B) y 533 ± 25 ua (HD 1160 C). Estos descubrimientos fueron realizados en el transcurso de la campaña *Buscador de Planetas del Gemini NICI*. Imágenes de HD 1160 A, tomadas con el telescopio VLT hace una década, han confirmado que ambas compañeras estelares están físicamente asociadas. Comparando el sistema con miembros de grupos de movimiento joven y con cúmulos abiertos de edades bien conocidas, los astrofísicos estiman una edad de 50^{+50}_{-0} millones de años para HD 1160 ABC. El movimiento de estas estrellas alrededor del centro de nuestra Galaxia, es decir, las componentes de velocidad UVW, no corresponde con ningún grupo de movimiento conocido, si bien la pequeña velocidad espacial es consistente con una edad joven. La espectroscopia en el infrarrojo cercano de HD 1160 C muestra que es una estrella enana roja de tipo espectral $M_{3,5} \pm 0,5$ y una masa $0,22^{+0,03}_{-0,04}$ la solar. La fotometría infrarroja de HD 1160 B sugiere que es una enana marrón con una masa $33,9^{+10}$ veces la de Júpiter. [2012ApJ...750...53N, Mayo 2012]



Figura 1. Imágenes de HD 1160 junto con las componentes B y C recientemente descubiertas. Las imágenes fueron tomadas entre el año 2002 y el 2011 con los telescopios Géminis, Keck y VLT.

OBSERVACIÓN DE ESTRELLAS DOBLES MEDIANTE INTERFEROMETRIA SPECKLE DESDE EL OBSERVATORIO NAVAL DE LOS ESTADOS UNIDOS

Los conocidos expertos en binarias Brian Mason y William Hartkopf junto con A. F. Elizabeth han presentado 2490 observaciones CCD de estrellas dobles realizadas con el telescopio refractor de 26 pulgadas (66 cm) del Observatorio Naval de los Estados Unidos. Al utilizar la técnica speckle, cada observación es producto de la combinación de unas 2000 imágenes de corta exposición. Estas observaciones fueron promediadas en 1462 posiciones relativas medias cuyas separaciones angulares oscilan entre los 0,56 y los 71,80 segundos de arco. Este trabajo es la serie número 18 y cubre el periodo que va del 3 de Enero de 2011 al 18 de Diciembre de 2011. Estos astrónomos también presentaron 4 pares resueltos por primera vez, trece pares que aparecían como perdidos y elementos lineales para cuatro pares adicionales. [2012, AJ, 143, 124M, Mayo 2012].

COMPAÑERA TERCIARIA DE BAJA MASA DE BINARIAS ESPECTROSCÓPICAS. I: ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PROPIOS COMUNES USANDO 2MASS

Un grupo de astrofísicos ha presentado los primeros resultados de una búsqueda de múltiples épocas de compañeras terciarias separadas (separaciones mayores de varias decenas de ua) y de baja masa. La muestra observada está limitada por volumen y consta de 118 binarias espectroscópicas conocidas y situadas a menos de 100 años-luz del Sol. Para esta investigación utilizaron datos del catálogo 2MASS que completaron con los telescopios KPNO y CTIO de 4 metros. Este estudio está diseñado para detectar compañeras de movimiento propio común con separaciones entre 200 y 10.000 ua ($\sim 10'' \rightarrow \sim 10'$). Hasta la fecha han estudiado 77 fuentes recuperando 11 componentes terciarias previamente conocidas, tres candidatas terciarias previamente conocidas, de las cuales dos son confirmadas espectroscópicamente y una rechazada. Además también presentan 3 nuevas candidatas a componentes terciarias. La fracción de binarias espectroscópicas con componentes físicas separadas resultó ser del 20% aproximadamente y es consistente con las predicciones. [2012arXiv1206.4289, Junio 2012]

OBSERVACIONES POR INTERFEROMETRÍA SPECKLE Y ÓRBITAS DE BINARIAS VISUALES RÁPIDAS

El conocido astrónomo Andrei Tokoninin ha presentado 158 mediciones speckle realizadas en 2012 usando el telescopio SOAR de 4,1 metros. En total han sido observadas 121 sistemas con el objetivo de seguir el rápido movimiento orbital de binarias y subsistemas cerradas abandonadas o recientemente descubiertas. Entre sus resultados están: 8 órbitas recalculadas y mejoradas más dos órbitas completamente revisadas. Para 5 binarias es la primera vez que se calculan sus órbitas. Las masas de las componentes y la paralaje dinámica fueron estimadas para 15 sistemas, usando la fotometría diferencial del satélite Hipparcos o de las observaciones speckle así como la relación masa-luminosidad estándar. Dos binarias astrométricas, HIP 54214 y HIP 56245 fueron resueltas por primera vez y otras 8 han sido medidas. Resaltaron varios pares no resueltos que pueden ser realmente simples a pesar de las múltiples medidas históricas. Algunos de estos objetos son 104 Tau y f Pup AB [2012AJ....144...56T, Agosto 2012]

El Observatorio Astronómico de Pulkovo (San Petersburgo, Rusia)

Inaugurado en 1839, es el principal observatorio astronómico de la Academia Rusa de las Ciencias. Su relación con el campo de las estrellas dobles no puede ser mayor. Fue fundado por el famoso "doblista" Wilhelm Struve quien fue su primer director. Posteriormente su hijo Otto Struve le sucedió. Fue equipado con el refractor de 38 cm, el mayor del mundo por aquél entonces. Su principal tarea está relacionada con la astrometría (determinar coordenadas de estrellas, nutaciones, precesiones, etc.) y por supuesto un lugar de honor fue ocupado por los trabajos de estrellas dobles.



Figura 2

ORBITAS DE LAS BINARIAS VISUALES ADS 8814 Y ADS 8065 A PARTIR DE OBSERVACIONES DE ARCO CORTO

Varios astrónomos de la Europa del Este han presentado las primeras órbitas calculadas de las binarias visuales ADS 8814 and ADS 8065. Entre los astrónomos firmantes, se encuentran los conocidos calculadores de órbitas Kiselev, Kiyayeva y Romanenko. Las órbitas fueron calculadas usando su famoso método orbital, basado sobre observaciones cubriendo un pequeño arco observacional obtenidas con el reflector de 66 cm en el Observatorio de Pulkovo (figura 2). Además, también fueron fundamentales las observaciones de velocidad radial para las componentes estelares en ambos pares. Estas observaciones fueron realizadas con un telescopio de 1 metro en el Observatorio Astrofísico de Crimea. Todas las observaciones históricas, tanto visuales como fotográficas, realizadas desde 1832 fueron usadas para el cálculo orbital. La órbita de ADS 8814 fue refinada usando el método de corrección diferencial. Los periodos orbitales de estas dos estrellas son de 800 y 6000 años respectivamente. Las estimaciones de las masas estelares obtenidas usando la paralaje trigonométrica del satélite Hipparcos, son coherentes con las masas de los tipos espectrales de estas estrellas. [2012ARep...56..524K, Julio 2012]

Parámetros físicos y propiedades dinámicas del sistema múltiple Iota UMa

Un grupo de astrónomos rusos, entre los que destaca, Y. Y. Balega, ha analizado los parámetros físicos, elementos orbitales, y estabilidad dinámica del sistema múltiple Iota UMa (HD 76644 = ADS 7114) mostrada en la figura 3. Para ello utilizaron las posiciones del catálogo WDS y sus propias observaciones realizadas con el telescopio de 6 metros del Observatorio Astrofísico Especial de la Academia Rusa de las Ciencias. También utilizaron el telescopio Ruso-Turco de 1,5 metros en Antalya (Turquía). Obtuvieron parámetros orbitales más precisos, tipos espectrales, magnitudes absolutas y masas de las componentes. La componente primaria tiene tipo espectral F0 V-IV, una masa 1,7 veces la del Sol y una temperatura superficial de 7260 K. La compañera en el subsistema Aa es probablemente una enana blanca con una masa aproximada de 1,0 veces la solar. Los tipos espectrales y masas en las componentes BC son M3V y M4V. La masa total del sistema es 3,4 veces la del Sol. El subsistema Aa probablemente tenga un periodo orbital de 12,2 años y una excentricidad aproximada de 0,6. El subsistema externo parece tener un periodo orbital aproximado de 2084 años y una alta excentricidad de 0,9. [2012ARep...56..512Z, Julio 2012]

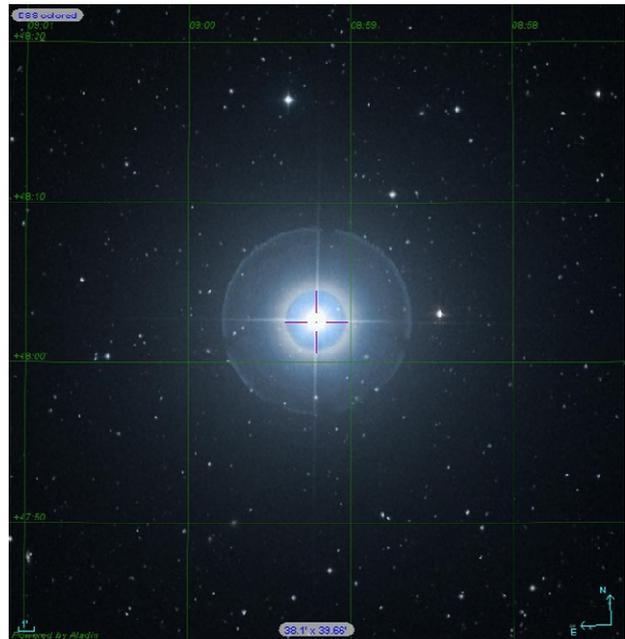


Figura 3. Iota UMa es un sistema estudiado por un equipo de astrónomos rusos.

Sistema ADS 48: ¿binaria visual o sistema múltiple?

Un equipo de astrofísicos serbios ha analizado las 7 componentes visuales del sistema ADS 48 (= WDS 00057+4549). Para ello usaron, entre otros datos, mediciones CCD realizadas por ellos entre los años 1994 y 2011. El objetivo de este estudio es establecer cuál de las componentes visuales está gravitacionalmente unida, es decir, tiene un movimiento orbital alrededor del centro de masas. Para ello emplearon varios tests de binariedad que emplean la mecánica celeste y que son conocidos por los amateurs españoles (los de Dommanget y el criterio de Sinachopoulos & Mouzourakis). El resultado fue que solamente el par más cerrado, componentes AB (= STT 547 AB), tiene un movimiento orbital

alrededor del centro de masas. Las otras componentes, excepto esa con la mayor separación, son componentes ópticas. La componente más distante tiene un alto movimiento propio común con el par AB, sin embargo seguramente es una binaria de movimiento propio común, y por tanto, no orbital alrededor de AB. La disposición de este sistema estelar se muestra en la figura 4.

[2012AJ...144...80C, Septiembre 2012].

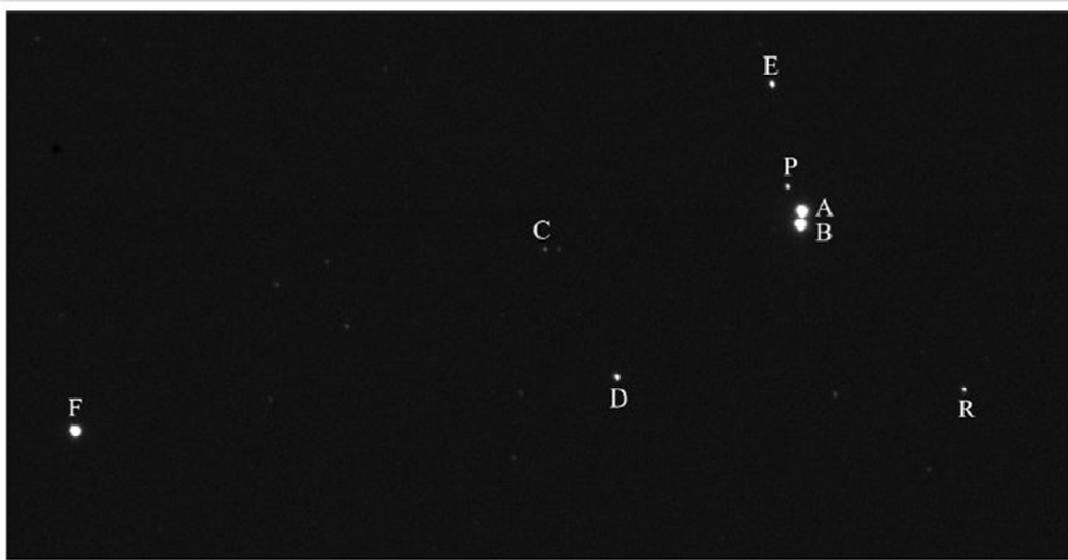


Figura 4. Sistema ADS 48. Imagen obtenida con el telescopio de 2 metros del Observatorio Astronómico Nacional Roshen en Bulgaria. Para ello se usó una cámara Apogee Alta U42.

Enanas frías en sistemas múltiples separados

Un par de movimiento propio común con dos idénticas enanas M-Medio separadas por unas 10000 ua

Los astrónomos F. Rica y J. A. Caballero han estudiado astrofísicamente el sistema binario formado por LSPM J0651+1843 y LSPM J0651+1845, un par de alto movimiento propio común recientemente publicado como nuevo sistema binario FMR 83 por Rica (2012). Aquí los autores caracterizaron el sistema en detalle, usando datos fotométricos y astrométricos, y encontraron que el par está compuesto por dos enanas rojas de tipo espectral $M4 \pm 1$ separadas por unos 9500 ua. Con estos resultados, FMR 83 es uno de los pocos sistemas "ultrafrágiles" (es decir, sistemas con una masa total muy pequeña y una separación física muy grande), muchos de los cuales han sido identificados en esta serie de trabajos. [2012Obs...132..305R, octubre 2012]

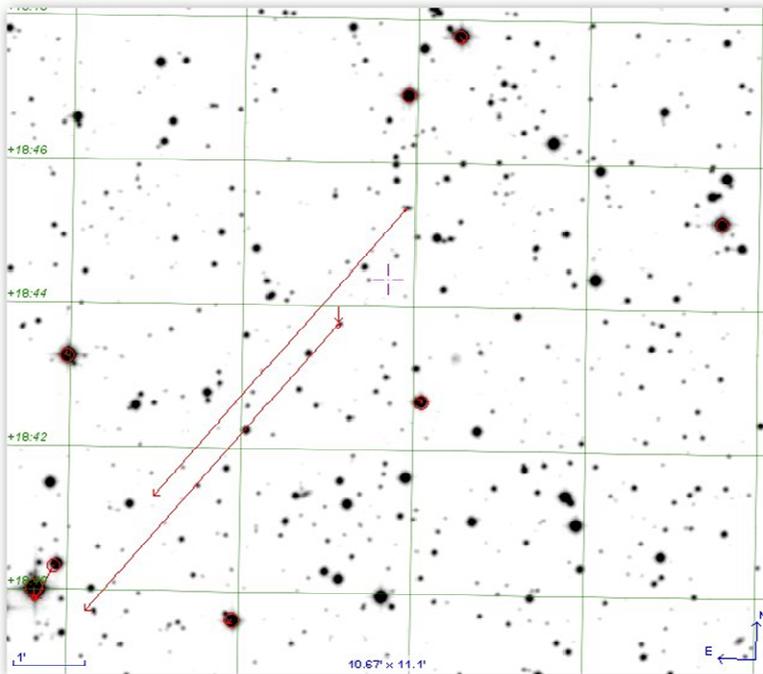


Figura 5. Imagen del DSS que muestra el sistema binario FMR 83 estudiado por astrónomos españoles. Está formado por débiles y rojas estrellas de magnitud 17,0-18,0 en banda V situadas a una distancia de 60-80 parsecs.

Nueva compañera de baja masa de la estrella GJ3629, una enana que alberga un planeta

Un grupo de astrofísicos ha presentado el descubrimiento de una compañera estelar a 0,2 segundos de arco de la estrella enana M, GJ 3629. Este trabajo forma parte de un proyecto de búsqueda de planetas gigantes alrededor de estrellas de baja masa y que se está realizando con los telescopios Keck-II y Subaru. Para ello emplearon técnicas de imágenes de óptica adaptativa de alto contraste. Dos imágenes de diferente época confirman que el par posee el mismo movimiento y revela signos de movimiento orbital. La componente primaria exhibe una emisión saturada en rayos X, lo cual, junto con su fotometría ultravioleta, indica que tiene una edad más joven que 300 millones de años. Con esta edad, la compañera estelar no debería quemar hidrógeno y su masa (independiente de ningún modelo) es de 46 ± 16 masas de Júpiter basada sobre la distancia fotométrica de 22 ± 3 pc. La fotometría en bandas YJHK indica que la compañera es una estrella $M7 \pm 2$. Con una separación proyectada de $4,4 \pm 0,6$ ua y un periodo orbital estimado de 21 ± 5 años, GJ 3629 AB probablemente va a proporcionar una masa dinámica dentro de varios años, haciendo de la compañera, una de las pocas enanas marrones en tener una masa medida y una edad limitada a partir de la estrella primaria. [2012ApJ...756...69B, Septiembre 2012]

ENANAS FRIAS EN SISTEMAS MÚLTIPLES SEPARADOS.

PAPER 1: DOS ENANAS M-MEDIOS EN UN PAR DE MOVIMIENTO PROPIO COMÚN DEBILMENTE UNIDO

El astrofísico español J. A. Caballero presenta el primero de una serie de trabajos que tienen como objetivo investigar las enanas frías en sistemas múltiples separados. En este trabajo, Caballero presenta a Koenigstuhl 4 A y B, dos brillantes enanas M intermedia con alto movimiento propio común y separadas por 299 segundos de arco. A la distancia más probable del sistema, 62 años-luz, la separación física proyectada es 5700 ua. Esto hace que este sistema con estrellas frías sea uno de los más débilmente unidos encontrados hasta la fecha. [2012Obs...132....1C, Octubre 2012]

MEDICIONES DE ASTROMETRÍA RELATIVA Y FOTOMETRÍA DE BINARIAS VISUALES DURANTE EL 2008 USANDO EL REFRACTOR DE 76 cm EN NIZA

Los astrónomos franceses R. Gili y J. L. Prieur han presentado mediciones de astrometría relativa (distancias angulares y ángulos de posición) y de fotometría de binarias visuales realizadas en el 2008 con el telescopio refractor de 76 cm situado en el Observatorio de la Costa Azul. Tres diferentes técnicas fueron usadas para obtener las mediciones: Lucky Imaging, interferometría speckle y el Vector de Autocorrelación Directo. Obtuvieron 2420 mediciones de posiciones relativas de 2225 objetos con separaciones angulares entre 0,07 y 11,5 segundo de arco. La precisión media (error externo) es de 0,02 segundos de arco. El error medio de los ángulos de posición es de 0,6 grados. Entre las binarias observadas se encuentran objetos débiles (mag. $V = 12$ aproximadamente) con diferencias fotométricas de hasta 5 magnitudes. De esta forma han podido medir muchos sistemas compuestos por enanas rojas que habían sido escasamente observados desde su descubrimiento. También midieron la diferencia de magnitud de las componentes de 376 sistemas binarios, con un error estimado de 0,1 magnitudes. Finalmente estos astrónomos proporcionaron una lista de 33 nuevos componentes estelares descubiertos en sistemas binarios o múltiples ya existentes.

[2012AN....333..727G, Octubre 2012]



Figura 6. Telescopio refractor de 76 cm del Observatorio de la Costa Azul, construido en 1887 (Wikipedia).

ENANAS FRIAS EN SISTEMAS MÚLTIPLES SEPARADOS – PAPER 3. DOS ESTRELLAS DE MOVIMIENTO PROPIO COMÚN Y DE TIPO TARDIO SEPARADAS POR UNOS 11 MINUTOS DE ARCO

Un equipo de astrónomos profesionales y amateurs compuesto por J. A. Caballero, J. Genebriera, F. X. Miret, T. Tobal y J. Cairol han presentado el sistema binario ultra separado formado por LP 209-28 y LP 209-27. Estas estrellas presentan similar movimiento propio según varios catálogos. Usando siete épocas astrométricas que cubren 59 años, confirmaron una velocidad tangencial común midiendo una separación angular constante de $666,62 \pm 0,09$ segundos de arco. La fotometría de los catálogos SDSS y 2MASS indican que este sistema está compuesto por enanas normales de tipos espectrales aproximados de K7V y M3V. A partir de sus magnitudes aparentes LP 209-28 y LP 209-27 están situadas a unos 200-250 parsecs, de donde se puede deducir una enorme separación física proyectada de 0,6-0,8 parsecs. Este sistema (bautizado como Koenigstuhl 6 AB) es otro récord mundial entre los sistemas menos unidos gravitacionalmente con componentes de baja masa. [2012Obs...132..252C, Agosto 2012].



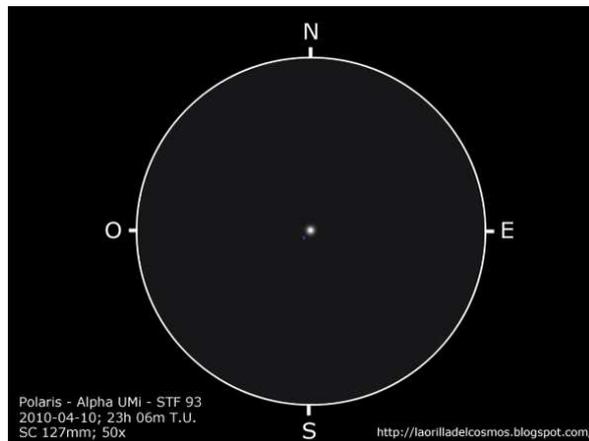
LHS 2803 B: UNA COMPAÑERA ENANA T MUY SEPARADA DE UNA VIEJA ENANA M

Un equipo de astrónomos norteamericanos ha reportado el descubrimiento de una compañera de movimiento propio común muy separada (~1400 ua) de la cercana enana M, llamada LHS 2803. Este objeto fue descubierto durante un censo de población de enanas T usando los datos del Pan-STARRS1 y del 2MASS. Mediante espectroscopia en el infrarrojo, clasificaron a esta nueva compañera como una enana T5,5. Utilizando un espectroscopio acoplado al telescopio de 2,2 metros de la Universidad de Hawai, determinaron un tipo espectral de M4,5 para la componente estelar brillante. La edad mínima estimada del sistema es de unos 3,5 Giga-años (1 Giga-año = 1000 millones de años). La distancia fotométrica de la primaria (68 años luz) y su movimiento propio, implica una cinemática del disco fino. Basada en esta cinemática y la metalicidad se estableció un límite superior para la edad de 10 Giga-años. Modelos evolucionarios indican que la componente débil tiene una masa de $72 M_{\oplus}$ la masa de Júpiter y una temperatura de 1120 ± 80 K. [2012ApJ...757..100D, Septiembre 2012]

Rafael Benavides Palencia
 Juan-Luis González Carballo
 Edgardo Rubén Masa Martín
 Roberto Vasconi

presentación de la 6ª campaña del Proyecto SEDA-WDS

Uno de los objetivos que proponíamos en el planteamiento inicial del Proyecto de Seguimiento de Estrellas Dobles Abandonadas del Washington Double Star Catalog (SEDA-WDS) era el de presentar campañas que sirvieran para actualizar el referido catálogo, administrado y mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO). Con la publicación de este número de *El Observador* culmina la campaña dedicada a las constelaciones de UMi y Tucana; es, pues, momento de presentar una nueva... **Vamos a por la sexta.**



Polaris © ÓSCAR LLEIXÀ

ESTE OBJETIVO se encamina a la consecución de uno de nuestros propósitos fundamentales: **reducir el número de estrellas dobles consideradas abandonadas**. Llegados a este punto quizá sea conveniente recordar los **objetivos** del Proyecto:

1. Aportar datos actualizados al WDS.
2. Participar en un proyecto de colaboración Pro-Am de primer nivel.
3. Desarrollar un proyecto colaborativo entre la comunidad amateur internacional.
4. Aumentar el interés por la observación y estudio de las estrellas dobles, especialmente entre aquellos que no se dedican habitualmente a este campo de trabajo.
5. Fomentar las técnicas digitales que provienen del uso de las CCD para la realización de astrometría de estrellas dobles, un campo particularmente olvidado entre los amateurs.
6. Publicar los resultados obtenidos en la revista "El Observador de Estrellas Dobles" para que sean incluidos en el WDS.

Para el desarrollo de este proyecto se articularon unas condiciones que debían cumplir los sistemas dobles y múltiples para permitir a la mayoría de aficionados obtener resultados de calidad suficiente como para ser incluidos en el WDS. Dichos criterios quedaron establecidos desde la 3ª campaña como siguen:

- Estrellas de magnitud inferior a la 16ª.
- Pares más abiertos que 1".
- Estrellas dobles no medidas con posterioridad a 1980.

Como puede observarse en los criterios anteriormente expuestos, para la presente campaña se ha considerado adecuado **mantener la modificación que planteábamos en la anterior campaña**, en aras de explotar el potencial del instrumental de algunos de los colaboradores que, en las últimas campañas, se han

sumado a esta iniciativa. Por ello, se procedió a **reducir la separación** (valor Rho) de los pares objeto de estudio, pasando de los $\geq 3''$ originales a $\geq 1''$. Esta ligera modificación de criterios hace crecer aún más el interés científico de SEDA-WDS al aumentar notablemente el campo de las estrellas dobles, precisamente las más interesantes y abandonadas.

Además, **se ha considerado oportuno aumentar la magnitud límite** de los pares objeto de estudio hasta la $V_{mag} > 18$, dado el escaso número de pares olvidados que figuran en el WDS para la constelación objeto de estudio.

En la presentación de la 1ª campaña se hacían las oportunas **recomendaciones metodológicas** (uso de software adecuado, presentación y envío de las medidas, etc.), por lo que aconsejamos al observador interesado que visite la página web del Proyecto para tener una mayor información al respecto; no obstante, recordamos que existen dos programas específicos para la realización de la astrometría que permiten obtener los valores Theta y Rho de cada sistema: para la absoluta recomendamos el uso de **Astrometrica**, mientras que para la relativa el archiconocido **Reduce**, de nuestro colaborador y amigo Florent Losse.



Puesta al día

En este mismo número de **el Observador de estrellas dobles** presentamos los resultados de la tercera campaña del Proyecto SEDA-WDS, correspondiente a la que se desarrolló durante el primer semestre de 2012, centrada en la constelación de *Lynx*, para el caso del hemisferio norte, y de *Circinus*, para el sur.

Como podréis ver en el artículo referido, hemos recibido un buen puñado de mediciones CCD realizadas por varios observadores independientes. Nos llena de satisfacción ver que el Proyecto no ha caído en saco roto y que hay doblistas interesados. Al igual que ocurrió en la campaña anterior, algunos de los observadores que han participado en la campaña eran novatos en estas lides y se puede decir que ya dominan la técnica. Desde aquí les animamos a continuar y les agradecemos sinceramente su colaboración. Sus medidas aparecerán individualmente en el WDS (para algunos será la primera vez), lo cual debe significar para ellos un merecido premio a su labor.

El número de medidas aportadas ha significado un ligero descenso con respecto a los resultados de la 4ª campaña publicados en el anterior número de OED, casi con toda seguridad motivado por las adversas condiciones meteorológicas con que se presentó la primavera y la primera parte del verano.

Por lo que se refiere al hemisferio sur, nuestros compañeros argentinos han estado trabajando durante la segunda campaña del Proyecto SEDA-WDS Austral, dedicada a la constelación de *Circinus*, con esmero y gran dedicación, refinando sus técnicas y participando en interesantes debates. Se han recibido sus observaciones y aparecen publicadas en este número de OED y, por tanto, serán incluidas en el WDS en breve. Contamos en esta ocasión con un nuevo observador, **Néstor Díaz** (Rosario, Argentina) que apunta unas maneras excelentes en el estudio de las estrellas dobles.

Dado el interés que el proyecto suscita entre los aficionados argentinos, nos ha parecido oportuno nombrar a uno de sus más destacados representantes, **Roberto Vasconi, coordinador de SEDA-WDS**. Quizá sea poco homenaje para una persona de tal altura personal y astronómica, pero queremos creer que significará para él algo importante, a la vez que merecido, y un revulsivo para afianzar este proyecto, aún más, entre la comunidad amateur de nuestra querida Argentina. Aprovechamos para recordar que la sección “¿Por qué observo estrellas dobles?” de este mismo número la firma nuestro querido amigo Roberto.

*Las constelaciones seleccionadas para la presente campaña son: **Corona Boreal (10 sistemas), para el norte, y Volans (9), para el sur***

La presente campaña

Para el semestre de enero/junio de 2013 hemos procedido a seleccionar las 10 estrellas dobles del WDS que cumplen los requisitos del Programa en la **constelación de la Corona Boreal (*Corona Borealis*)**, para el hemisferio norte, y las **9 del Pez Volador (*Volans*)**, en el sur. Ambas estarán perfectamente situadas en los cielos de finales del invierno/primavera (en el caso boreal) o otoño/invierno (para el austral).

Como las campañas tienen una duración de 6 meses, los resultados deberán enviarse en el formato adecuado **antes del 30 de junio de 2013** (la tabla de Excel para enviar los resultados puede obtenerse en la página web del Proyecto). Recordamos que **las medidas enviadas por cada observador aparecerán publicadas en OED conservando su autoría individual**. Sobre este particular, no está de más recordar la aclaración que hemos reiterado en los pasados números al respecto: uno de los propósitos que nos planteábamos inicialmente con este Proyecto era que las medidas enviadas por cada autor conservaran su identidad personal al ser remitidas al WDS. Sin embargo, tras la publicación de los resultados de la 1ª campaña (OED n.º 7) resultó que el USNO no lo hizo, a pesar de que así fueron publicadas en el referido

artículo. Puestos en contacto con Mr. Brian Mason (del USNO) nos aclaró que **no se pueden asignar diferentes códigos a medidas publicadas en un mismo artículo**. Por tanto, lamentamos no poder cumplir nuestra promesa original por causas totalmente ajenas a nuestra voluntad. De hecho, ha sido asignado el código SDA al Proyecto y como tal aparecen las medidas ya en el WDS. Por ello, esto **no resta interés científico al Proyecto** dado que se asienta sobre **dos pilares básicos**: calidad de las medidas y cooperación entre los observadores, pues sólo así será posible colaborar en la reducción de las lagunas observacionales de los catálogos profesionales.

Remitimos a los astrónomos interesados a la web oficial del Proyecto para poder conocer de forma detallada los sistemas seleccionados y poder **descargarse los listados completos**, tanto boreales como australes, de las estrellas objeto de estudio.

Nos gustaría recordar la **importancia de remitir los resultados** en el formato adecuado (tabla de Excel disponible en la web del Proyecto) **a la dirección que allí se indica y no a los correos personales de los coordinadores**. No obstante, cualquier consulta que se desee hacer sí se puede realizar a los coordinadores sin ningún problema.

toda la información y listados completos
para descargar en la página web del Proyecto:

<https://sites.google.com/site/sedawds>





PROYECTO
SEDA
WDS

1er semestre 2013

Corona Borealis

(ordenadas según AR)

| Id. WDS | Desc. | ρ | θ | Mg. A | Mg. B | Última | N.º | α | δ | mpA α | mpA δ | mpB α | mpB δ | Coord. precisa |
|------------|-----------|--------|----------|-------|-------|--------|-----|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 15189+2915 | LDS5168 | 45,00 | 198,00 | 11,94 | 16,10 | 1960 | 1 | 15h18m49s | +29°15'07" | -103 | -47 | | | sí |
| 15239+3053 | LDS4548 | 82,00 | 110,00 | 13,50 | 19,20 | 1960 | 1 | 15h23m48s | +30°52'25" | -57 | -44 | -92 | -30 | sí |
| 15368+3735 | LDS4572 | 10,00 | 91,00 | 11,22 | 19,28 | 1960 | 1 | 15h36m50s | +37°34'49" | -275 | -85 | -275 | -85 | sí |
| 15386+3826 | ALI 862 | 6,30 | 244,00 | 11,60 | 12,00 | 1933 | 1 | 15h38m33s | +38°26'10" | -51 | -56 | | | sí |
| 15415+3834 | LDS4585 | 155,00 | 274,00 | 8,50 | 16,00 | 1960 | 1 | 15h41m26s | +38°33'26" | 55 | -174 | | | sí |
| 15503+3437 | LDS4593 | 4,00 | 340,00 | 13,70 | 17,20 | 1960 | 1 | 15h50m13s | +34°37'12" | -137 | -144 | | | sí |
| 15540+2754 | COU 802 | 2,90 | 32,00 | 9,78 | 14,30 | 1972 | 1 | 15h53m57s | +27°54'20" | -17 | 51 | | | sí |
| 16090+3629 | BU 1087 | 2,20 | 186,00 | 4,90 | 13,20 | 1958 | 10 | 16h08m58s | +36°29'24" | -53 | 333 | | | sí |
| 16117+3321 | STT 305AC | 78,40 | 84,00 | 6,44 | 13,00 | 1960 | 2 | 16h11m39s | +33°20'33" | 6 | 13 | | | sí |
| 16120+3803 | LDS4649 | 152,00 | 67,00 | 16,00 | 16,20 | 1960 | 1 | 16h12m00s | +38°02'25" | -130 | 76 | -48 | 114 | sí |

Tabla generada mediante la web de Sebastian Caille: <http://doublestars.free.fr/index.htm> y actualizada a través del WDS



PROYECTO
SEDA
WDS
austral

1er semestre 2013

Volans

(ordenadas según AR)

| Id. WDS | Desc. | ρ | θ | Mg. A | Mg. B | Última | N.º | α | δ | mpA α | mpA δ | mpB α | mpB δ | Coord. precisa |
|------------|---------|--------|----------|-------|-------|--------|-----|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 06460-6624 | RSS 115 | 12,00 | 326,00 | 10,00 | 13,00 | 1976 | 1 | 06h46m00s | -66°24'28" | 178 | -73 | | | sí |
| 07314-6711 | COO 51 | 4,00 | 192,00 | 8,03 | 10,10 | 1975 | 5 | 07h31m21s | -67°11'04" | 15 | -32 | | | sí |
| 08001-6435 | BRT1968 | 3,70 | 65,00 | 12,70 | 12,70 | 1915 | 1 | 08h00m03s | -64°34'54" | | | | | sí |
| 08170-6721 | B 1598 | 4,50 | 310,00 | 8,95 | 11,40 | 1929 | 2 | 08h17m00s | -67°20'56" | -14 | -15 | | | sí |
| 08283-6814 | BRT1972 | 4,60 | 176,00 | 13,07 | 13,07 | 1915 | 1 | 08h28m21s | -68°13'45" | | | | | sí |
| 08365-7434 | B 2662 | 3,50 | 302,00 | 10,48 | 14,20 | 1932 | 1 | 08h36m36s | -74°34'17" | -5 | 8 | | | sí |
| 08441-7128 | B 2668 | 4,00 | 266,00 | 9,57 | 13,60 | 1931 | 2 | 08h44m00s | -71°27'40" | -22 | 1 | | | sí |
| 08506-6648 | HDO 206 | 20,00 | 230,00 | 5,35 | 12,00 | 1899 | 4 | 08h50m34s | -66°47'35" | 93 | 98 | | | sí |
| 09005-7010 | RSS 185 | 15,20 | 115,00 | 8,60 | 12,00 | 1975 | 1 | 09h00m29s | -70°10'00" | -12 | 29 | | | sí |
| 06460-6624 | RSS 115 | 12,00 | 326,00 | 10,00 | 13,00 | 1976 | 1 | 06h46m00s | -66°24'28" | 178 | -73 | | | sí |

Tabla generada mediante la web de Sebastian Caille: <http://doublestars.free.fr/index.htm> y actualizada a través del WDS



IMPORTANTE

se recuerda que el envío de las medidas debe realizarse a la dirección de correo-e del Proyecto y no a los correos personales de los coordinadores:

seda.wds.reportes@gmail.com

estrellas dobles en el

congreso estatal de astronomía

por Ignacio Novalbos Cantador



© CORTESÍA ASTROSAFOR

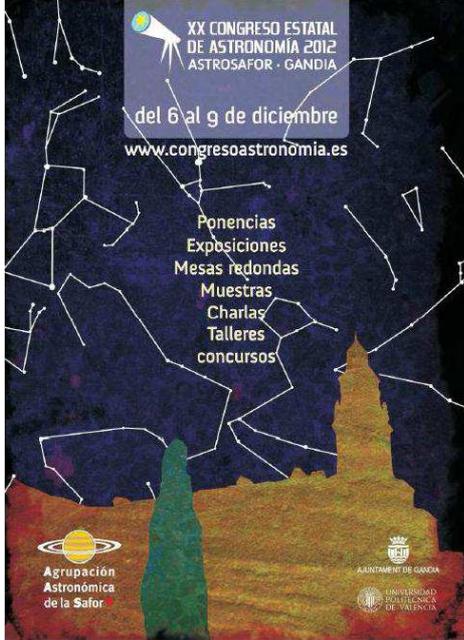
Como muchos de vosotros ya sabéis, entre el 6 y el 9 de diciembre, se celebró en la bella ciudad de Gandía (Valencia), la XX edición del Congreso Estatal de Astronomía.

EL CONGRESO ESTATAL DE ASTRONOMÍA es un acto organizado por las Agrupaciones Astronómicas de España con el objetivo de poner en común tanto los trabajos de investigación como las diferentes experiencias divulgativas realizadas por astrónomos profesionales y amateurs.

El origen de dicho congreso se remonta al año 1976. Desde entonces se celebra



con periodicidad bienal en diferentes lugares de España que son elegidos por las asociaciones asistentes. En un primer momento recibió el nombre de Jornadas Nacionales de Astronomía, denominación que duraría hasta 1992. A partir de ese momento sería conocido como Jornadas Estatales de Astronomía hasta 2004, empleándose desde entonces el título actual.



En esta ocasión la organización ha corrido a cargo de la **Agrupación Astronómica de la Safor (AAS)** fundada en 1994 siendo, a día de hoy, una de las asociaciones astronómicas con mayor prestigio en el ámbito nacional. Un prestigio que en buena parte ha conseguido gracias a **Huygens**, su boletín bimestral, que viene editándose ininterrumpidamente desde 1996 y que es sufragado con los propios medios económicos de la AAS. Este boletín se envía gratuita y regularmente, además de a un buen número de instituciones y observatorios astronómicos, a bibliotecas e institutos de la Safor, con el fin de promocionar la Astronomía y alentar el interés del público por esta ciencia.

Resaltar la labor desarrollada por la AAS, a través de grupos de trabajo creados en su seno, en el campo de la investigación astronómica amateur. Algunos de los resultados más destacables son el descubrimiento de tres nuevos asteroides o los descubrimientos en el campo de la arqueo-astronomía del Vall de Gallinera y de Penáguila, localidad cercana a Alcoy.

Por mi parte he bautizado al **XX CEA** como “**el Congreso sin sobresaltos**”. La organización ha sido tan perfecta y todo ha fluido con tanta normalidad, que más que un congreso parecía una verdadera reunión de amigos... ¡¡de 180 buenos amigos!!

Hay que reconocer que “la culpa” de que eso haya sido así hay que atribuírsela por entero a **Marcelino Álvarez** y a los miembros de la AAS, que nos han tratado a cuerpo de rey (incluidas unas deliciosas mandarinas ecológicas para calmar el “gusanillo”) durante los casi cuatro días que ha durado el congreso.

Es en estas reuniones cuando uno tiene la oportunidad de reencontrarse con los viejos (otros no tanto) amigos y, lo que no es menos importante, conocer a otros que pasarán a serlo a partir de ese momento. El ambiente



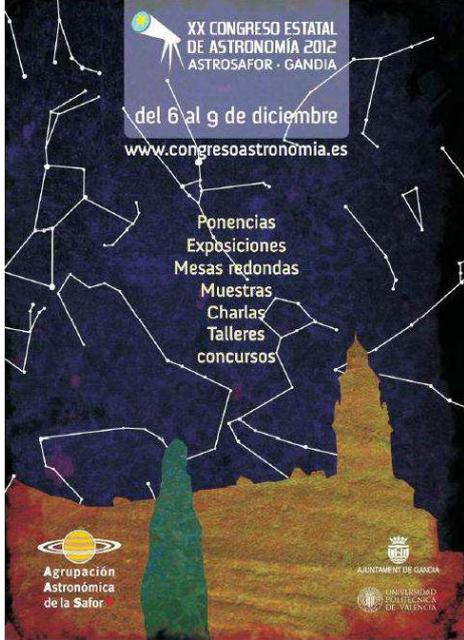
Ángel Requena repasando los últimos detalles. (Créditos: M. Guerrero, M.G.)



Marcelino y su staff en la recepción del Congreso. (M.G.)



Francisco Sánchez en la conferencia inaugural. (M.G.)



de camaradería y complicidad que se respira es indescriptible. Todos los asistentes hablan el mismo idioma, el de la Astronomía. Y todos comparten sus experiencias y trabajos con el resto... incluidos los profesionales... Porque de eso se trata, de compartir y de aprender de lo compartido.

Imaginad lo enriquecedor que resulta el poder escuchar (sí, tan solo escuchar), mientras compartes mesa y una buena paella en la cantina de la universidad, a **Francisco Sánchez** (Fundador y Director del IAC) hablando de la situación actual de la Astronomía y de la imperiosa necesidad de crear nuevas vocaciones científicas que aseguren que en el futuro más cercano, España siga siendo una nación puntera en lo que a investigadores, proyectos y centros de investigación se refiere.

Y qué me decís de la oportunidad (histórica, sin duda) de poder escuchar a **D. Pere Mateu Sancho**, miembro destacado dentro de la historia de la astronáutica, explicarnos como testigo de primera mano cómo fue el proceso de gestación y nacimiento de estas jornadas, allá por el año 76 del siglo pasado.

O lo increíble que es el poder tener a tu entera disposición a **Enrique Solano** (Director del SVO) para hacerle un "tercer grado" acerca de las posibilidades de implementación de nuevas herramientas en el SVO, así como de la mejora de las ya existentes.

O de lo interesante que es, mientras tomas un café, hablar con **Jaime Zamorano** (SEA Pro-Am) y **Nayra Rodríguez** (IAC) de cuál es el circuito a seguir para conseguir ayudas económicas destinadas a proyectos de investigación o acerca de la posibilidad (hoy en día es ya una realidad) de que incluso los aficionados podamos solicitar tiempo de observación en los telescopios profesionales. Y eso sin hablar de lo que uno puede llegar a aprender, tan solo charlando un rato, con expertos de la talla de **Ramón Naves**, **Montse Campás**, **Julio Castellano**, **Carles Schnabell**, **Luis Alonso**, **Joanma Bullón**, **Jordi Lopesino**, **Carles Puncernau**, **Joan Antón Abellán** y un largo etcétera de compañeros de afición.

Incluido nuestro querido y admirado **Francisco Rica**, con el que he tenido la suerte de compartir hotel, mesa, conversación y estrado durante el XX CEA y del cual



D. Pere Mateu Sancho preparándose para su conferencia. (M.G.)



Enrique Solano junto a Francisco Pavía. (M.G.)

R. Naves

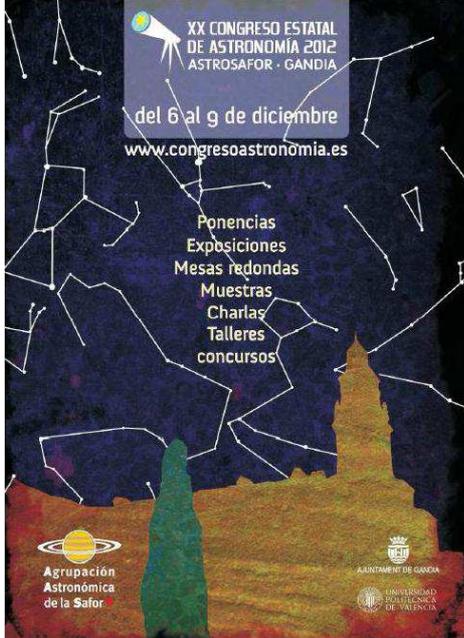


C. Schnabel, L. Alonso, I. Novalbos



Joanma Bullón con el Ramón Roure





he aprendido, o al menos lo he intentado, un buen montón de cosas.

Lo cierto es que la representación doblista en este congreso ha sido bastante discreta. Tan solo Francisco Rica y un servidor, hemos presentado ponencias específicas relacionadas con nuestras queridas dobles, pero quedad tranquilos, que hemos dejado (intentado al menos) dejar el pabellón doblista bien alto. En los dos casos el interés demostrado por el público fue muy alto, tan solo hay que ver las fotos del Aula Magna durante nuestras ponencias para comprobar el alto nivel de asistencia. ¡Y eso que ya eran las siete de la tarde!

Francisco Rica nos presentó, como ya es costumbre, una magistral ponencia en la que dio un repaso a su trabajo con el Carlos Sánchez, un telescopio infrarrojo profesional de 1,5 metros situado en el Observatorio del Teide y gestionado por el Instituto Astrofísico de Canarias. Con ese pedazo de telescopio, que lleva acoplada una cámara específica para trabajar con técnicas Lucky Imaging a una resolución de 0,042 "/píxel, Francisco ha sido capaz de medir más de 150 pares con separaciones que van desde 15,4" hasta tan solo ¡¡0,14"!! Algo impensable de ser realizado por un aficionado hace tan solo unos años. Su alegato final, el cual suscribo palabra por palabra... **"Cualquier aficionado con ganas, tesón e ilusión, puede llegar donde se proponga"**. Y él es la muestra viva de tal afirmación.

Llegado mi turno me dispuse a presentar el **REDVO**, un proyecto de colaboración Pro-Am suscrito entre el Observatori Astronòmic del Garraf y el Spanish Virtual Observatory, el cual tengo el honor de coordinar.

Para empezar hice mención al gran número de pares "neglected", existentes en el WDS. Tras esta breve introducción pasé a explicar el objetivo principal de este proyecto, que no es otro que el de llevar a cabo la identificación y medición de estrellas dobles visuales con separaciones $>1''$, así como la importancia que representan tanto la confirmación visual como la obtención de datos actualizados para los pares catalogados.

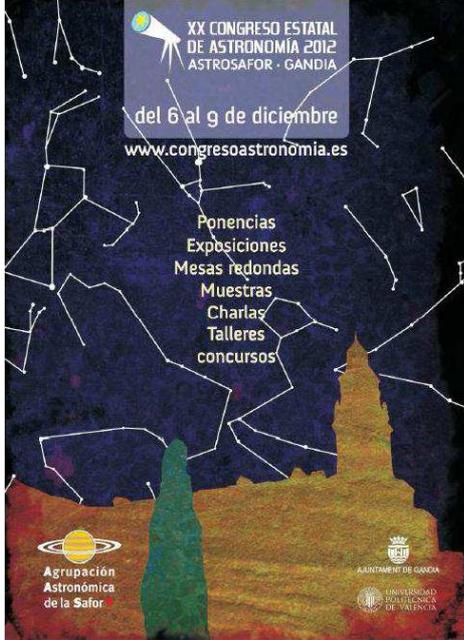


Paco Rica durante su intervención (M.G.).



De izquierda a derecha:
J. Castellano,
J. Lopesino,
C. Puncernau y J. A. Abellán
(M.G.)





También hablé acerca de la increíble resolución de las imágenes UKIDSS (0,4"/píxel) y que son las utilizadas en este proyecto, dando después un breve repaso a la metodología y las herramientas de trabajo, para acabar con un resumen de los resultados obtenidos hasta este momento, en el que después de haber revisado más de 500 pares, un 62% han sido confirmados y remediados. Destacando el hecho de que, gracias a la mayor resolución de estas imágenes, hemos sido capaces de detectar más de 60 nuevas compañeras cerradas en componentes de pares ya catalogados.

Mi conclusión, suscrita en público por más de uno de los asistentes (no daré nombres para no delatarlos)... **“El futuro de la Astronomía empieza hoy. La colaboración entre profesionales y aficionados (astrónomos sin sueldo) es el inicio”.**

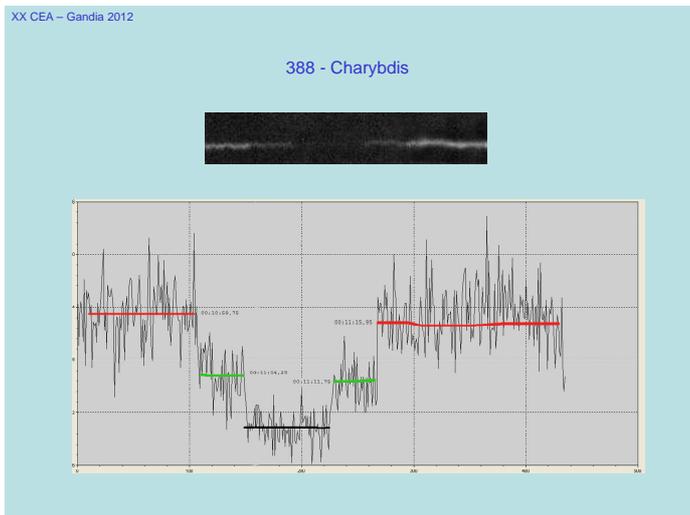
Y aquí se acaba con todo lo hablado acerca de las dobles durante este congreso. Bueno, con todo no; se me olvidaba comentar que, casi al inicio del congreso y durante uno de esos fantásticos momentos de “astronomía de pasillo”, Carles Schnabel y Ramón Naves se acercaron a nosotros muy emocionados para informarnos del descubrimiento de un nuevo par muy, muy, pero que muy cerrado.

Resulta que un par de noches antes del congreso, en concreto la noche del 3 al 4 de diciembre, los especialistas en ocultaciones siguieron un evento que aunque no es muy frecuente, tampoco tiene nada de extraordinario. Se trataba de fotografiar y/o cronometrar la ocultación de la estrella UCAC2 42913552 con magnitud 11,2 por el asteroide 388-Charybdis de magnitud 13,4. El caso es que se dieron cuenta de que la curva de luz obtenida presentaba dos pisos fotométricos, o lo que es lo mismo, dos descensos y dos subidas consecutivas de luz. Y eso, ¿qué denota? Pues que acababan de fotografiar la ocultación de una estrella doble, la cual y según los primeros cálculos podría tener una separación de tan solo 0,03". ¿Os dais cuenta de lo refinada, a la vez que potente, resulta esta metodología? Ellos por supuesto, como genios humildes que son, no se daban mucha importancia por el descubrimiento. Casi más bien lo

Marcelino Álvarez haciendo entrega de la placa a R. Roure hijo (M.G.)

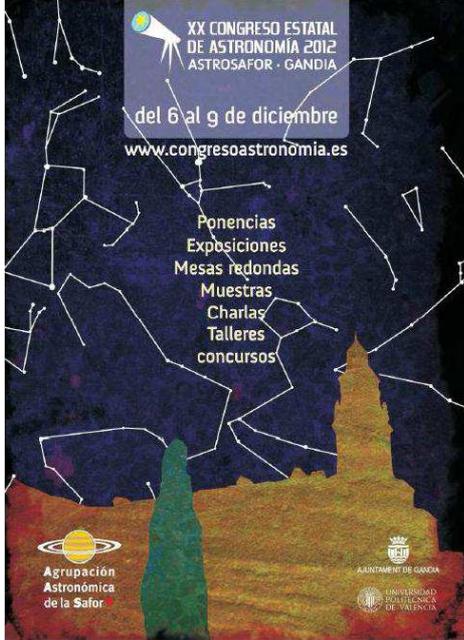


Ignacio Novalbos en plena “faena”. (Créditos: I. Novalbos)



Curva de luz de la ocultación de UCAC 4291-3552 (Créditos: R. Naves)





atribuían a la suerte. Pero hay que estar allí y saber cómo observar y que es lo que se ha visto. ¿No estáis de acuerdo conmigo?

Por supuesto Ramón incluyó en su presentación la curva de luz de la ocultación y nos explicó con todo lujo de detalles los pormenores y vicisitudes del descubrimiento.

Así, entre ponencia y ponencia llegamos al acto central del CEA, en el que se rindió un sentido homenaje a Ramón Roure, apreciado y conocido por todos los astrónomos de España. Durante el mismo intervinieron, entre otros, Jordi Lopesino y un emocionado Juanma Bullón, quienes nos contaron sus vivencias con el señor Roure y la ilusión con que transmitía la Astronomía a todo aquel que requería de su consejo. Sin duda, uno de los padres astronómicos de las últimas generaciones de aficionados españoles. El homenaje acabó con Juanma dedicándole, con la lectura de una carta a la familia, el telescopio Ramón Roure (construido íntegramente de manera artesanal) al que fuera su maestro y amigo. Para acabar el acto se hizo entrega de una placa conmemorativa al hijo de Ramón Roure, un digno sucesor para el negocio familiar.

Ya en la recta final de estas fantásticas jornadas y después de reírnos un buen rato con la simpática conferencia de don Manuel Toharia (sí, sí, el señor del tiempo), nos hicimos una foto de familia (numerosa) que es la que podéis ver a continuación.

Ahora hasta el 2014 en algún lugar de Andalucía que aún está por determinar. Yo no pienso perdérmelo... ¿Y vosotros?



XX CEA, el congreso "sin sobresaltos" (M.G.).



Manuel Toharia deleitándonos con su humor (M.G.).

Resultados de la cuarta campaña del Proyecto SEDA-WDS: dobles abandonadas en Lynx y Circinus (1^{er} semestre de 2012)

Antonio Agudo Azcona^{1 2}, David Cejudo Fernández, Andrés Chapman^{3 10}, Néstor D. Díaz^{4 10}, Enrique de Ferra⁵, Javier M. López Cuñat, Luis Ribé^{6 7}, Francisco C. Soldán Alfaro⁸ y Roberto Vasconi^{9 10}

■ ¹Foro Extremeño de Astronomía, ²Observatorio Las Vaguadas MPC 154, ³Observatorio Cruz del Sur, ⁴Observatorio Buenaventura Suárez MPC G43, ⁵Observatorio La Corte MPC J14, ⁶Agrupación Astronómica de Sabadell, ⁷Observatorio Viamar MPC C84, ⁸Observatorio Amanecer de Arrakis Z74, ⁹Observatorio Io, ¹⁰Grupo de Estrellas Dobles de la Red de Aficionados a la Astronomía RAA, Argentina)

■ <https://sites.google.com/site/sedawds/>

Presentamos los resultados de la cuarta campaña del Proyecto SEDA-WDS (Seguimiento de Estrellas Dobles Abandonadas en el catálogo WDS) correspondiente al período comprendido entre los meses de enero y junio de 2012. Las constelaciones seleccionadas fueron Lynx y Circinus para observadores del hemisferio norte y sur respectivamente.

We report the results of the fourth campaign of the SEDA-WDS Project (for the period January-June, 2012). This season focused in the constellations of Lynx, for boreal observers, and Circinus for austral locations). A total of 42 pairs were observed.

El programa observacional

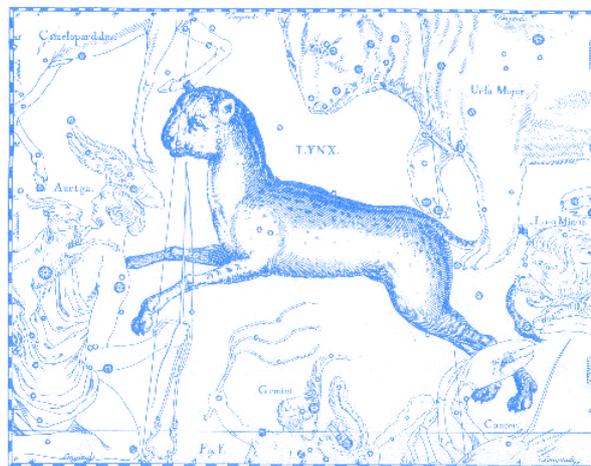
LA CUARTA CAMPAÑA DEL PROYECTO SEDA-WDS se dedicaba al estudio de las estrellas dobles abandonadas de las constelaciones de Lynx, para el hemisferio norte, y de Circinus, para el austral.

Lynx (Lince) es una de las constelaciones introducidas a finales del siglo XVII por Johannes Hevelius; según la tradición, no posee ningún significado mitológico y su nombre se debe al hecho de que es necesario tener “una vista de lince” para poder distinguir sus poco brillantes estrellas principales. Efectivamente, su posición en la bóveda celeste se corresponde con una zona relativamente oscura y poco poblada (545 grados cuadrados, puesto número 28) entre dos grandes constelaciones boreales: Auriga y la Osa Mayor. Buena prueba de ello es que su estrella más brillante, Elvashak (α Lyn), es de una humilde 3,14 magnitud. La mejor época para su observación se corresponde con las semanas iniciales del equinoccio de primavera.

El programa observacional contenía 43 sistemas; como es habitual, se habían seleccionado atendiendo a los siguientes requisitos:

- Estrellas de magnitud inferior a la 16.
- Pares más abiertos de 1”.
- Estrellas no medidas con posterioridad a 1970.

Como dato relevante a destacar: el hecho de que un 53% de las estrellas sólo habían sido observadas en el momento de su descubrimiento, disponiendo, por tanto, de sólo una medida en el WDS. De ellas, había nueve casos especialmente



| OBSERVADOR | TELESCOPIO | CCD | ESCALA DE PLACA (""/PÍXEL) | CÓDIGO OBSERVADOR |
|-------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------|
| Antonio Agudo | Schmidt-Cassegrain 203 mm | Atik 161C-S | 0,70 | AZC |
| David Cejudo | Schmidt-Cassegrain 300 mm | SBIG STX-8ME | 0,59 | CJD |
| Andrés Chapman | Newton 200 mm | Meade DSI Pro | 2,47 | CHA |
| Néstor D. Díaz | LX200R 406 mm (RC) | SBIG ST-8XME | 0,46 | NDD |
| Enrique de Ferra Fantín | Newton GSO 150 mm | Atik 161C | 2,03 | EDF |
| Javier M. López | Meade LX75 | Meade DSI Pro III | 0,59 | JLC |
| Luis Ribé | Schmidt-Cassegrain 203 mm | Atik 161C-S | 0,91 | PNT |
| Francisco Soldán | Maksutov 127 mm | Atik 314L | 2,32 | SDN |
| Roberto Vasconi | Maksutov-Cassegrain 180 mm | QHY6 | 0,77 | RVA |

Tabla 1. Relación de observadores e instrumentación utilizada.

interesantes ya que hacía más de un siglo que no recibían la atención de los observadores (más llamativo todavía en el caso de SEI 506 que permanecía “olvidada” desde 1895).

El programa observacional está disponible en la dirección: <https://sites.google.com/site/sedawds/campanas-3/2012lynx>

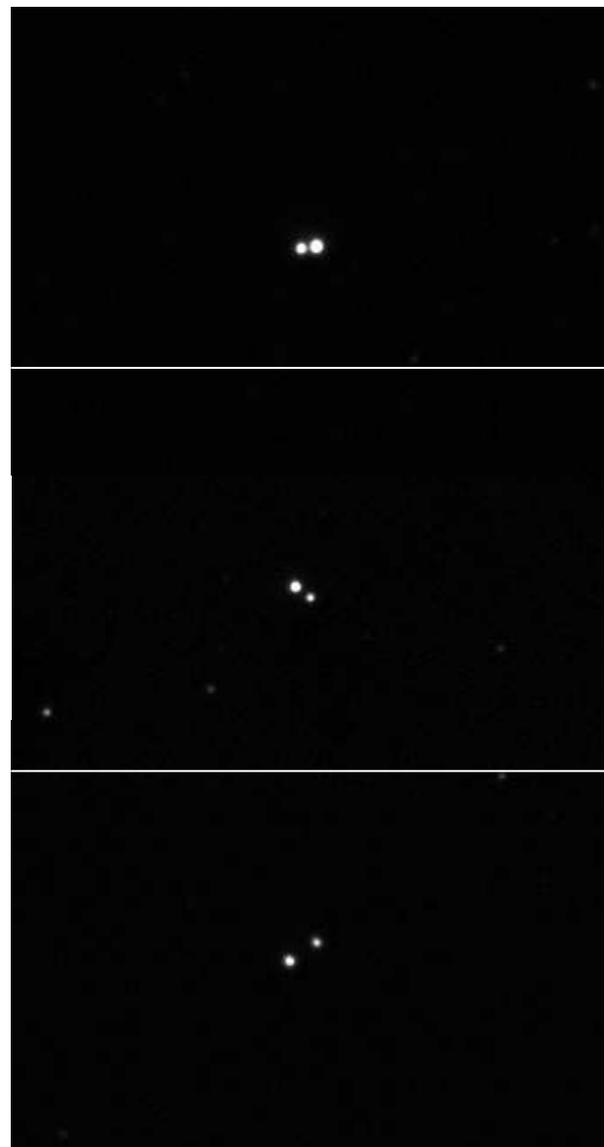
En el **hemisferio sur** la constelación en esta campaña era **Circinus** (Compás), una de las 17 constelaciones creadas por el francés Nicolás-Louis de Lacaille y publicada en su obra *Coelum australe stelliferum* (1763) tras su larga estancia en África del Sur. Se trata de una constelación de muy pequeña extensión (tan sólo 95 grados cuadrados, ocupa el puesto 85 de 88). Su estrella más brillante (α Cir) posee una humilde magnitud de 3,2. Aparece rodeada de las constelaciones de Centaurus, Musca, Apus, Triangulum Australe, Norma y Lupus.

El programa observacional (<https://sites.google.com/site/sedawds/campanas-3/2012circinus>) proponía 23 sistemas, seleccionados según los criterios habituales en las campañas australes del Proyecto SEDA-WDS. Una de ellas, MLO 55 no había recibido la atención de los observadores desde el ya lejano 1893.

Los Observadores

Al igual que en la pasada campaña, hemos contado con observadores de España y Argentina que han podido estudiar ambas constelaciones. En la tabla 1 damos relación de todos ellos, así como del equipo observacional usado y la resolución/píxel a la que han obtenido sus imágenes.

Entre todo el instrumental usado destaca especialmente el uso del telescopio de 406 mm del Observatorio Buenaventura Suárez (MPC G43),



Tres de los pares de la campaña boreal (Lynx). De arriba abajo: STI2163, STI2146 y STI 597. Imágenes CCD obtenidas desde el Observatorio de Las Vaguadas (Badajoz) por Antonio Agudo.



Figura 2. Vista general del interior del Observatorio Buenaventura Suárez (MPC G43) empleado por Néstor D. Díaz, Ronny Tapia Vega y Eric P. A. González para observar estrellas de la campaña austral objeto de estudio. Schmidt-Cassegrain LX200R (Ritchey-Crétien) de 406 mm. Perteneció al Parque Astronómico de la Universidad de La Punta (Provincia de San Luis, Argentina).



Figura 3. Observatorio privado de David Cejudo (SC de 30 cm con cámara CCD SBIG STX-8ME).

| CÓDIGO OBSERVADOR | MÉTODO |
|-------------------|----------------------|
| AZC | Astrométrica+Reduc |
| CJD | Reduc |
| CHA | Astrométrica |
| EDF | Astrométrica y Reduc |
| JLC | Astrométrica |
| NDD | Astrométrica+Reduc |
| PNT | Reduc |
| SDN | Astrométrica y Reduc |
| RVA | Reduc |

Tabla 2. Métodos de reducción utilizados por cada observador.

perteneciente a la Universidad de La Punta. **Néstor D. Díaz**, un observador nuevo en este Proyecto pero que aporta medidas de excelente calidad, pudo trabajar diversas noches junto a miembros del equipo de dicho observatorio (Ronny Tapia Vega y Eric P. A. González) para obtener numerosas imágenes de los sistemas objeto de estudio. Otro observador argentino, y nuevo coordinador del Proyecto, **Roberto Vasconi**, tenía previsto observar desde el observatorio

| WDS DESIG | SISTEMA | COORDENADAS WDS | COORDENADAS CORRECTAS |
|------------|---------|---------------------|-----------------------|
| 06230+5457 | STI2142 | 062304,93 +545639,1 | 062257,14 +545638,8 |
| 06534+5103 | FOX 61 | - | 065345,11 +510314,7 |
| 07000+5913 | STI 631 | 070010,57 +591325,8 | 065957,99 +591325,8 |
| 15144-5752 | LDS 521 | - | 151426,10 -57 52 22,3 |

Tabla 3. Coordenadas precisas para aquellas parejas que presentan algún error en el WDS.

profesional **Estación Astrofísica de Bosque Alegre (EABA)** algunas de las estrellas de la campaña, si bien no fue posible debido a las inclemencias meteorológicas.

Los códigos de los observadores son propios y de carácter interno dentro de nuestro proyecto, aunque muchos de ellos son los mismos adjudicados a cada observador por Brian Mason (USNO). Como ya se comentó en el artículo publicado en el número anterior de OED referido a las constelaciones de Cam y Grus, cada una de las medidas aportadas aparecerá en el Washington Double Star Catalog (en adelante WDS) con el nuevo código asignado al proyecto SEDA-WDS del que todos formamos parte (**SDA**), las últimas campañas observacionales ya figuran con ese código.

Según la preferencia de cada observador las imágenes obtenidas fueron medidas mediante dos métodos principales (tabla 2, página anterior):

- **Reduc**: específico para el trabajo y medida en estrellas dobles. Su creador es el conocido doblista francés, y querido colaborador nuestro, Florent Losse.
- **Astrometrica**: software muy utilizado para el cálculo de astrometrías absolutas creado por Herbert Raab. Una vez obtenido el informe, la aplicación *Dobles* ideada por Julio Castellano transformará dichos resultados en los parámetros que nos interesan de las estrellas dobles: Theta y Rho.

Ambos métodos son totalmente fiables, obteniéndose unos resultados totalmente comparables.

Resultados observacionales

De los 43 sistemas propuestos en la campaña del **hemisferio norte**, pertenecientes a la constelación de Lynx, han sido observados 28 (el 65%). Algunos de los pares no han podido ser localizados o identificados con todas las garantías.

Las coordenadas precisas han sido mejoradas para 3 parejas, debido a una astrometría en el WDS inexacta o en ocasiones inexistente (tabla 3).

Los resultados de la campaña de Camelopardalis se listan en la tabla 4 (página 22).

En el **hemisferio sur** han podido ser observados 14 sistemas (el 61% de los propuestos), presentando una identificación muy dudosa algunos de ellos, por lo que se han omitido algunas de las medidas remitidas por los observadores participantes, como ocurre en el caso de algunos sistemas de la campaña del hemisferio norte. Los resultados se listan en la tabla 5 (página 24). Una doble ha sido localizada en unas coordenadas diferentes a las indicadas en el WDS (tabla 3).

Finalmente, se ofrece un álbum fotográfico de algunas de las estrellas objeto de estudio de la campaña austral (página 25) obtenidas por Néstor D. Díaz.

Agradecimientos

A cada uno de los observadores que han participado en esta campaña que con su esfuerzo e ilusión hacen posible que este proyecto sea realidad.

A Brian Mason, por el interés mostrado ante los resultados obtenidos en la anterior campaña ya incluida en la base de datos del WDS Catalog. ©

Referencias

- Reduc: <http://astrosurf.com/hfosaf/>
 Astrometrica: <http://www.astrometrica.at/>
 Dobles: <http://astrosurf.com/cometas-obs/ArtSoftUtil/Software.html>
 Mason, B. D., Wycoff, G. L., Hartkopf, W. I., Douglas, G. G. et Worley, C. E., 2011: Washington Double Star Catalog y actualizaciones electrónicas mantenidas por el USNO: <http://ad.usno.navy.mil/wds/>

**This research has made use of the
Washington Double Star Catalog
maintained at the
U.S. Naval Observatory**

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS EN LYNX

| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA (^o) | RHO (^{''}) | NOCHES | OBS. | NOTAS | |
|------------|-----------|------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------|------|-------|---|
| 06180+5910 | STI 594 | 11,78 13,3 | 2012,059 | 162,9 | 3,20 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,046 | 123,7 | 12,66 | 1 | SDN | | |
| | | | 2012,058 | 123,5 | 13,07 | 1 | PNT | | |
| 06212+6120 | STI 597 | 12,7 12,7 | 2012,059 | 124,1 | 12,97 | 1 | CJD | 1 | |
| | | | 2012,129 | 124,5 | 12,89 | 1 | EDF | | |
| | | | 2012,189 | 124,2 | 13,01 | 1 | AZC | | |
| | | | 2012,460 | 123,4 | 13,06 | 1 | JLC | | |
| 06230+5457 | STI2142 | 11,28 11,6 | 2012,058 | 5,6 | 7,09 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,059 | 5,9 | 7,09 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,060 | 6,3 | 7,06 | 1 | SDN | | |
| 06243+6006 | STF 887 | 11,05 12,9 | 2012,170 | 6,3 | 7,06 | 1 | AZC | | |
| | | | 2012,058 | 207,2 | 7,82 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,059 | 209,2 | 7,83 | 1 | CJD | | |
| 06252+5540 | A 1731 | 9,78 13,9 | 2012,068 | 208,7 | 7,75 | 1 | SDN | | |
| | | | 2012,271 | 209,0 | 7,93 | 1 | AZC | | |
| | | | 2012,156 | 335,2 | 3,63 | 1 | SDN | | |
| 06311+5654 | STI2144 | 11,20 11,5 | 2012,059 | 341,6 | 3,92 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,156 | 342,5 | 3,15 | 1 | SDN | | |
| 06323+5521 | STI2146 | 12,16 12,6 | 2012,046 | 234,8 | 7,15 | 1 | SDN | | |
| | | | 2012,058 | 234,3 | 7,03 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,059 | 234,5 | 7,09 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,137 | 235,1 | 7,12 | 1 | EDF | | |
| | | | 2012,170 | 234,8 | 7,06 | 1 | AZC | | |
| 06361+6024 | STI 613 | 12,40 13,9 | 2012,059 | 205,4 | 3,45 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,170 | 205,1 | 3,10 | 1 | AZC | | |
| 06383+5611 | STI2153 | 11,58 12,0 | 2012,046 | 356,9 | 12,74 | 1 | SDN | | |
| | | | 2012,058 | 356,2 | 12,73 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,137 | 357,4 | 12,54 | 1 | EDF | | |
| | | | 2012,189 | 356,5 | 12,66 | 1 | AZC | | |
| 06526+5820 | STI2163 | 11,68 12,5 | 2012,059 | 97,4 | 6,17 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,068 | 98,4 | 5,93 | 1 | SDN | 2 | |
| | | | 2012,189 | 97,7 | 6,12 | 1 | AZC | | |
| | | | 2012,460 | 96,9 | 6,06 | 1 | JLC | | |
| 06534+5103 | FOX 61 | 9,6 11,9 | 2012,059 | 172,3 | 2,98 | 1 | CJD | | 3 |
| | | | 2012,046 | 351,4 | 40,43 | 1 | SDN | | |
| 06573+5825 | STT 159AC | 4,45 12,2 | 2012,058 | 349,5 | 40,12 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,059 | 351,1 | 41,35 | 1 | CJD | 4 | |
| | | | 2012,137 | 350,9 | 39,88 | 1 | EDF | | |
| | | | 2012,269 | 351,3 | 39,76 | 1 | JLC | | |
| 07000+5913 | STI 631 | 12,41 12,4 | 2012,058 | 75,0 | 8,06 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,059 | 75,2 | 8,06 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,060 | 75,9 | 7,95 | 1 | SDN | 5 | |
| | | | 2012,129 | 75,2 | 7,96 | 1 | EDF | | |
| | | | 2012,170 | 75,5 | 8,01 | 1 | AZC | | |
| | | | 2012,460 | 75,5 | 7,81 | 1 | JLC | | |
| 07239+5808 | STI2186 | 11,72 13,2 | 2012,058 | 230,2 | 7,35 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,059 | 230,7 | 7,42 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,060 | 231,0 | 7,32 | 1 | SDN | | |
| 07299+4940 | BUP 102BC | 10,09 11,8 | 2012,309 | 229,0 | 7,19 | 1 | EDF | | |
| | | | 2012,046 | 149,9 | 110,14 | 1 | SDN | 6 | |
| | | | 2012,059 | 149,9 | 110,45 | 1 | CJD | | |
| | | | 2012,058 | 149,2 | 110,61 | 1 | PNT | | |
| | | | 2012,268 | 149,8 | 110,06 | 1 | JLC | | |
| 2012,309 | 149,8 | 109,83 | 1 | EDF | | | | | |

(continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS EN LYNX (cont.)

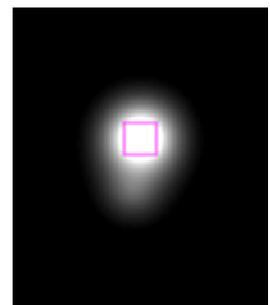
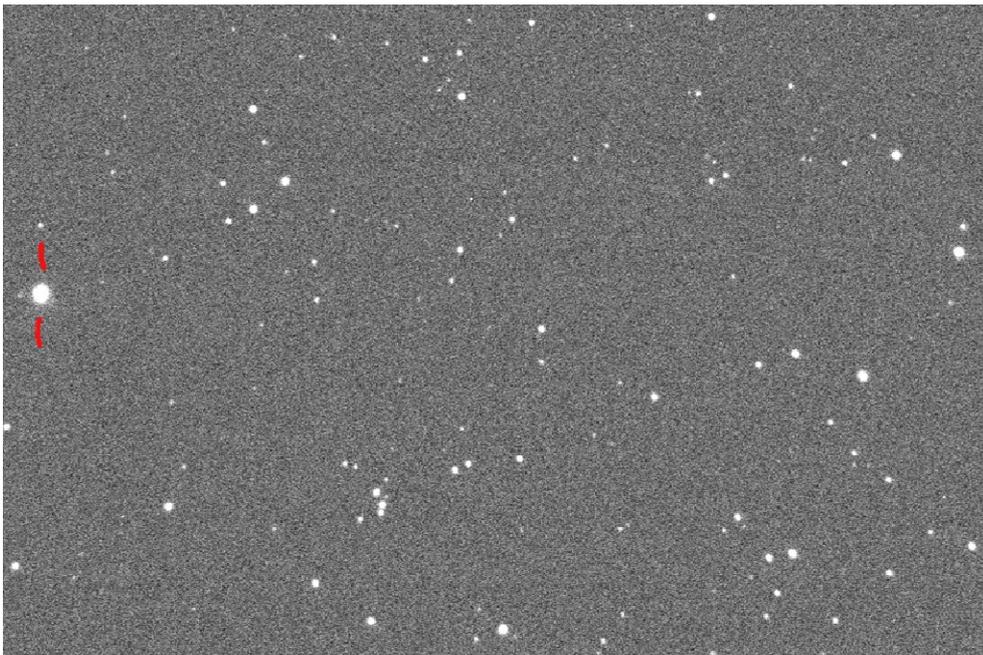
| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA ($^{\circ}$) | RHO ($''$) | NOCHES | OBS. | NOTAS |
|------------|-------------|-----------|-------|----------------------------|-------------------------|-----------------|--------|------|-------|
| 07307+5532 | STI2189 | 13,30 | 13,3 | 2012,046 | 295,60 | 11,17 | 1 | SDN | |
| | | | | 2012,269 | 293,89 | 11,59 | 1 | JLC | 7 |
| | | | | 2012,129 | 294,78 | 11,14 | 1 | EDF | |
| 07313+5721 | STI2190 | 12,5 | 12,6 | 2012,06 | 4,39 | 3,31 | 6 | CJD | |
| 07405+4136 | LDS6208 | 11,44 | 11,78 | 2012,153 | 336,95 | 3,481 | 3 | CJD | |
| 07419+3709 | BRT2218 | 12,45 | 12,68 | 2012,153 | 30,84 | 3,26 | 6 | CJD | |
| 07460+4732 | LDS3760 | 14,0 | 15,7 | 2012,153 | 109,28 | 2,61 | 1 | SDN | |
| 07523+3717 | BRT2592 | 11,83 | 12,61 | 2012,153 | 354,78 | 2,70 | 6 | CJD | |
| 08149+3823 | MLB 837 | 11,0 | 12,0 | 2012,068 | 85,36 | 5,86 | 1 | SDN | |
| | | | | 2012,271 | 88,30 | 6,85 | 1 | AZC | |
| 08223+5034 | HJ 2440 | 11,56 | 13,7 | 2012,153 | 245,57 | 3,41 | 3 | CJD | |
| | | | | 2012,271 | 246,20 | 2,79 | 1 | AZC | |
| 08364+3703 | SEI 506 | 11,0 | 11,0 | 2012,068 | 173,12 | 2,36 | 2 | SDN | |
| | | | | 2012,046 | 105,10 | 174,92 | 1 | SDN | |
| 09006+4147 | BUP 122AB-D | 4,03 | 10,8 | 2012,419 | 105,36 | 174,80 | 1 | JLC | |
| | | | | 2012,058 | 104,64 | 174,35 | 1 | PNT | |
| 09006+4147 | STT 566AB-E | 4,03 | 10,5 | 2012,419 | 101,01 | 260,43 | 1 | JLC | |
| | | | | 2012,058 | 100,28 | 260,42 | 1 | PNT | |
| 09134+4211 | LDS3864 | 14,6 | 15,4 | 2012,153 | 344,05 | 3,01 | 3 | CJD | |
| 09168+4040 | COU 19BC | 12,5 | 13,0 | 2012,153 | 353,07 | 2,33 | 3 | CJD | |

Notas a la tabla 4

1. Todos los observadores miden más brillante a la componente B.
2. JLC ha calculado la Vmag mediante filtro V (Johnson): $A=11,30\pm0,06$, $B=12,16\pm0,03$.
3. Doble no medida desde su descubrimiento en 1925. CJD la reencuentra en las coordenadas 065345,11 +510314,7 (véase tabla adjunta), correspondiendo a la estrella GSC 3402:140 (Vmag 10,453 y mp de 4,1/-

21,5, según UCAC4). Véase imagen de abajo.

4. JLC ha calculado la Vmag del sistema mediante filtro V (Johnson): $A=4,47\pm0,12$, $B=13,48\pm0,15$.
5. Coordenadas incorrectas, posición actual en 065957,998 +591325,8 (véase tabla 3, página 21).
6. JLC ha calculado Vmag del par mediante filtro V (Johnson): $A=9,96\pm0,03$, $B=12,53\pm0,07$.
7. La B es más brillante según los tres observadores.



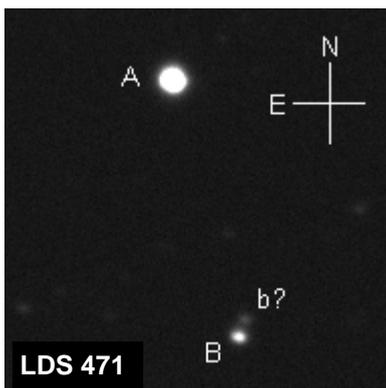
Localización correcta del sistema FOX 61 a partir de la observación realizada por David Cejudo. La nueva astrometría puede observarse en la tabla 3 (página 21). Para una mayor información, véase la nota n.º 3 de más arriba.

TABLA 5. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS EN CIRCINUS

| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA ($^{\circ}$) | RHO ($''$) | NOCHES | OBS. | NOTAS |
|------------|-----------|-----------|-------|----------------------------|-------------------------|-----------------|--------|------|-------|
| 13599-6909 | LDS 465 | 13,8 | 14,7 | 2012,085 | 151,9 | 16,54 | 1 | NDD | |
| | | | | 2012,197 | 152,0 | 16,71 | 1 | RVA | |
| 13591-6554 | MLO 55 | 12,33 | 12,11 | 2012,239 | 193,7 | 6,02 | 1 | NDD | |
| 14053-6726 | LDS 471 | 10,55 | 13,2 | 2012,299 | 190,6 | 60,67 | 1 | NDD | 1 |
| | | | | 2012,414 | 190,7 | 60,96 | 1 | CHA | |
| 14056-6725 | DON 638 | 10,42 | 15,2 | 2012,299 | 226,5 | 3,58 | 1 | NDD | |
| 14195-6838 | I 325AC | 8,75 | 11,0 | 2012,299 | 44,1 | 51,33 | 1 | NDD | |
| | | | | 2012,414 | 45,6 | 50,98 | 1 | CHA | |
| 14195-6838 | I 325BC | 11,0 | 11,0 | 2012,299 | 150,5 | 2,25 | 1 | NDD | |
| 14359-6958 | DON 664 | 7,8 | 14,8 | 2012,274 | 199,6 | 8,32 | 1 | RVA | |
| | | | | 2012,274 | 177,9 | 34,57 | 1 | RVA | |
| 14158-6734 | LDS 481 | 10,69 | 12,4 | 2012,424 | 178,3 | 34,31 | 1 | CHA | |
| | | | | 2012,496 | 178,0 | 34,17 | 1 | NDD | |
| | | | | 2012,274 | 204,3 | 30,36 | 1 | RVA | |
| 14313-6743 | HDO 231AB | 5,83 | 14,0 | 2012,414 | 203,2 | 29,65 | 1 | CHA | |
| | | | | 2012,496 | 203,8 | 28,91 | 1 | NDD | |
| | | | | 2012,496 | 203,1 | 13,66 | 1 | NDD | |
| 14271-6452 | WFC 148 | 10,90 | 12,4 | 2012,274 | 202,5 | 13,62 | 1 | RVA | |
| | | | | 2012,496 | 4,6 | 18,43 | 1 | NDD | 3 |
| 14413-6437 | BRT2008 | 11,53 | 11,9 | 2012,496 | 4,6 | 18,43 | 1 | NDD | 3 |
| 14506-6427 | LDS 506 | 14,9 | 17,4 | 2012,488 | 269,8 | 4,5 | 1 | NDD | 4 |
| 15144-5752 | LDS 521 | 15,8 | 16,6 | 2012,488 | 330,9 | 19,84 | 1 | NDD | 5 |
| 15132-5701 | BRT2815 | 12,47 | 12,53 | 2012,488 | 118,9 | 3,94 | 1 | NDD | |
| | | | | 2012,290 | 119,7 | 3,88 | 1 | RVA | |

Notas a la tabla 5

1. NDD notifica junto a la componente B una pequeña compañera de magnitud 15, con theta 336 y Rho 3,97". Comparándola con imágenes históricas se confirma su carácter óptico.



2. NDD realiza un pormenorizado estudio del sistema a partir de los mp de las componentes para identificarlas correctamente.

3. Identificación dudosa según NDD: no se encontró ninguna estrella que pudiera ser la componente B a menos de 18" de radio. Tampoco se encontró en placas más antiguas (desde 1981). Se tomó como componente

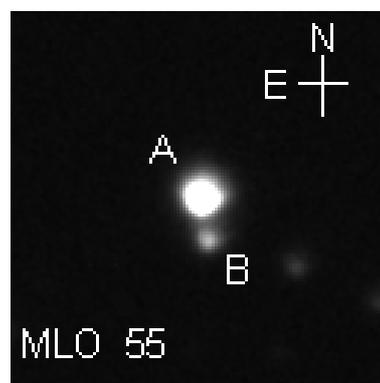
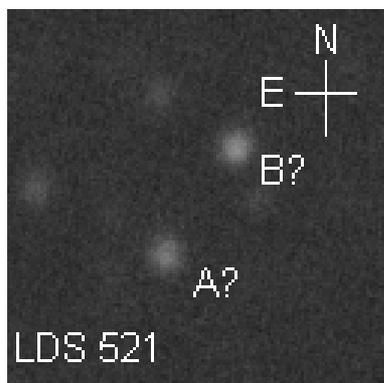
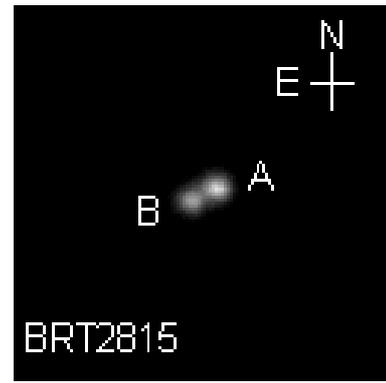
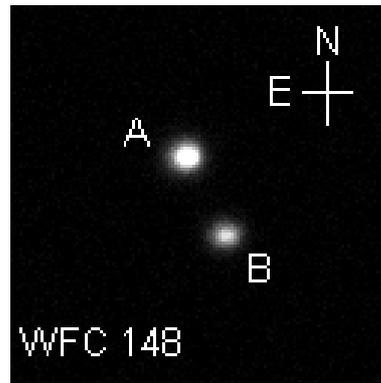
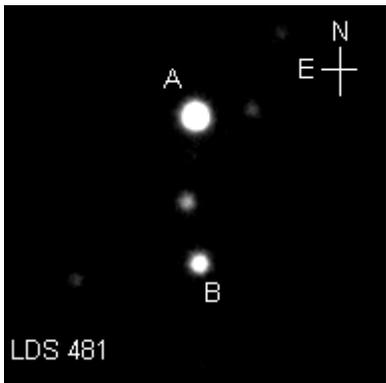
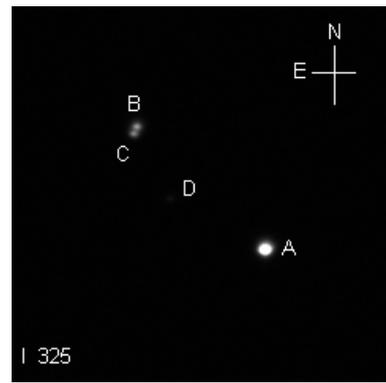
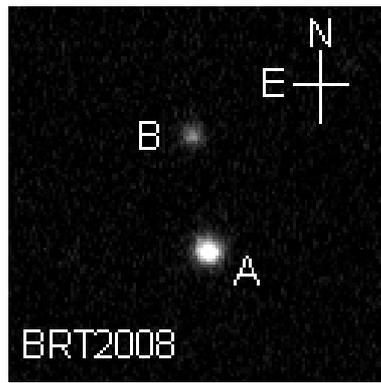
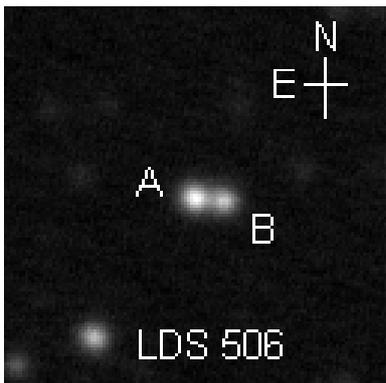
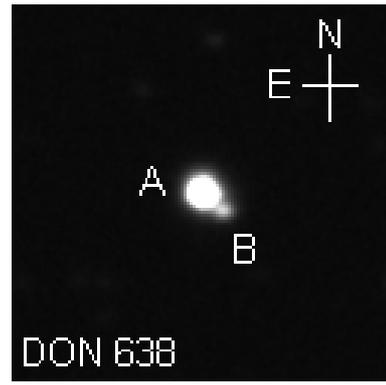
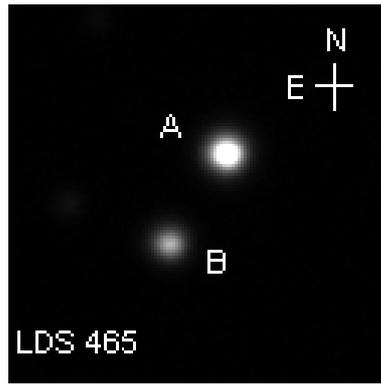
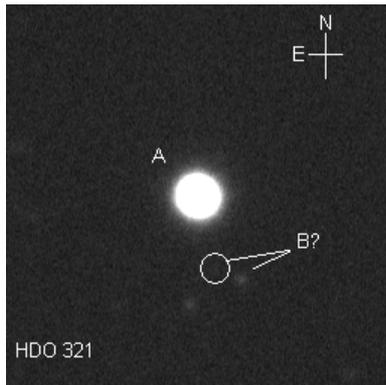
B a la estrella brillante más cercana a la componente A, y resultó en Theta=4,64 y Rho=18,43, y según los catálogos UCAC3 y PPMXL este par tiene mp muy pequeños, lo que significa que en la fecha de la primera y única observación los valores seguramente pudieron haber sido Theta=4,7 y Rho=18,8, lo cual es muy similar a los valores del WDS para BRT2008 (Theta=188 y Rho=4,7), solo que invertidos.

También se encontraron algunos pares de similares características a unos minutos de las coordenadas dadas por el WDS para este par. Solo que algunas componentes de estos pares tienen mp más altos, y podrían haber presentado otros valores de Theta y Rho para la fecha de la primera observación.

4. NDD: Como es un par apretado se hicieron 2 reducciones, la estándar (AutoReduc) y con la función Surface de Reduc, y de esta última se obtuvieron los mejores resultados (residuos más bajos).

5. Al tratarse de un par sin coordenadas precisas, se buscó en torno a las coordenadas actuales que ofrece el WDS, el par con más similitud en Rho, Theta y magnitudes y se halló en 15 14 26,10 -57 52 22,3. La estrella que se usó como componente A es apenas más débil que la B.

ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE ALGUNAS DE LAS DOBLES OBJETO DE ESTUDIO
EN LA CAMPAÑA AUSTRAL: CIRCINUS



Nota: Todas las imágenes fueron obtenidas por Néstor D. Díaz, Ronny Tapia Vega y Eric P. A. González con el Schmidt-Cassegrain LX200R (Ritchey-Crétien) de 406 mm. del Observatorio Buenaventura Suárez perteneciente al Parque Astronómico de la Universidad de La Punta (Provincia de San Luis, Argentina).

Resultados de la tercera campaña del Proyecto SEDA-WDS: dobles abandonadas en Camelopardalis (2º semestre de 2011)

Grupo de Estrellas Dobles de la Agrupación Astronómica de Sabadell

■ <http://www.astrosabadell.org>

Debido a un imperdonable error cometido en el procesado de los datos correspondientes a la 3ª campaña del Proyecto SEDA-WDS (Camelopardalis), en el artículo publicado en OED9 no aparecieron listados los resultados obtenidos por el entusiasta Grupo de Dobles de la Agrupación Astronómica de Sabadell. Pedimos sinceras disculpas por esta lamentable omisión.

Because an unforgivable error in processing data for the 3rd campaign of SEDA-WDS Project (Camelopardalis), in the paper published in OED9 not appear listed the results obtained by the enthusiastic Double Star Group of the Astronomical Association of Sabadell. We deeply apologize for this unfortunate omission.

SE PRESENTAN A CONTINUACIÓN 26 medidas remitidas por el Grupo de Estrellas Dobles de la Agrupación Astronómica de Sabadell correspondientes a la 3ª campaña del Proyecto SEDA-WDS. Para la obtención de las imágenes se emplearon varios de los diversos equipos que posee dicha Agrupación: un SC203 mm

trabajando tanto a una focal de 1500 mm como de 2023 mm (obteniendo una escala de placa de 1,12 y 0,91"/píxel, respectivamente), así como un reflector de 50 cm, que obtiene una focal de 2007 mm con una resolución de 0,92"/píxel). Se emplearon dos cámaras CCD: Atik 16IC-S y SBIG STX8ME). ©

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS EN CAMELOPARDALIS (4ª CAMPAÑA DEL PROYECTO SEDA-WDS)

| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA (°) | RHO (") | NOCHES | OBSERVADOR | NOTAS |
|------------|-----------|-----------|-------|----------------------------|--------------|------------|--------|------------|-------|
| 03435+7247 | LDS1579 | 11,7 | 12,5 | 2011,918 | 87,6 | 7,30 | 1 | AAS | |
| 03480+5857 | STI2009 | 9,59 | 13,00 | 2011,882 | 279,1 | 11,49 | 1 | AAS | |
| 03525+5710 | ES 1817 | 9,45 | 12,90 | 2011,882 | 315,0 | 10,98 | 1 | AAS | |
| 03531+5645 | STI2012 | 11,65 | 12,20 | 2011,866 | 293,5 | 13,39 | 1 | AAS | |
| 03562+5546 | STI2018 | 11,61 | 12,60 | 2011,866 | 30,8 | 15,37 | 1 | AAS | |
| 03568+5335 | WOR 5 | 10,50 | 13,30 | 2011,899 | 322,6 | 9,55 | 1 | AAS | |
| 03457+5546 | STI2004AB | 11,77 | 13,6 | 2011,918 | 262,7 | 4,86 | 1 | AAS | |
| 04058+7117 | LDS1589 | 12,8 | 15,62 | 2011,918 | 238,0 | 5,27 | 1 | AAS | |
| 04062+5918 | ES 55 | 8,07 | 12,5 | 2011,882 | 236,1 | 10,15 | 1 | AAS | |
| 04261+7651 | LDS1593 | 14,00 | 14,80 | 2011,899 | 358,7 | 12,08 | 1 | AAS | |
| 04304+6414 | STF 538AC | 9,71 | 15,20 | 2011,899 | 358,9 | 11,46 | 1 | AAS | |
| 04373+5550 | STI2058 | 11,30 | 12,20 | 2011,866 | 330,0 | 8,60 | 1 | AAS | 1 |
| 04429+5532 | STI2066 | 12,33 | 12,30 | 2011,866 | 359,0 | 14,50 | 1 | AAS | 2 |
| 04447+6239 | STI 536 | 11,50 | 12,10 | 2011,866 | 293,5 | 13,39 | 1 | AAS | |
| 04558+5637 | STI2077 | 11,75 | 12,40 | 2011,866 | 65,3 | 13,10 | 1 | AAS | |
| 05021+6910 | BU 313AD | 7,29 | 0,00 | 2011,899 | 195,4 | 36,64 | 1 | AAS | |
| 05061+6232 | STI 549 | 10,84 | 13,50 | 2011,882 | 311,1 | 13,72 | 1 | AAS | |
| 05238+5904 | STI2097 | 11,77 | 13,3 | 2011,918 | 182,7 | 6,45 | 1 | AAS | |
| 05268+5623 | STI2099 | 11,62 | 12,65 | 2011,866 | 300,0 | 36,62 | 1 | AAS | |
| 05316+6310 | STI 567 | 12,85 | 12,76 | 2011,866 | 153,4 | 12,35 | 1 | AAS | 3 |
| 05518+5831 | STI2111 | 10,85 | 11,80 | 2011,899 | 122,0 | 13,51 | 1 | AAS | |
| 06407+6424 | STI 617 | 12,15 | 12,10 | 2011,866 | 149,5 | 12,00 | 1 | AAS | |
| 06438+7648 | LDS1634AB | 10,61 | 15,80 | 2011,899 | 34,9 | 32,63 | 1 | AAS | |
| 06586+7055 | HJ 2339 | 8,90 | 13,10 | 2011,899 | 150,3 | 33,28 | 1 | AAS | |
| 07014+7049 | BLL 18 | 5,68 | 11,10 | 2011,899 | 357,4 | 118,63 | 1 | AAS | |
| 10593+7941 | VBS 17AC | 7,40 | 13,50 | 2011,899 | 195,6 | 17,79 | 1 | AAS | |

Notas

1. AP invertido.
2. AP invertido.
3. AP invertido.

Tercera serie de medidas de estrellas abandonadas de Espin (y III)

Espin's neglected double stars (3^{er} and last series)

Juan-Luis González Carballo^{1,2}

■ ¹Foro Extremeño de Astronomía, ²Observatorio Cerro del Viento MPC 184 (Badajoz, España)

■ Blog: <http://ladecimaesfera.blogspot.com.es> | Correo-e: struvel@gmail.com

En el presente trabajo publicamos la tercera y última serie de medidas de estrellas dobles abandonadas del catálogo de Thomas Espin, obtenidas desde el Observatorio Cerro del Viento (Badajoz, España).

In this paper we publish the third (and last) series of measurements of Thomas Espin's neglected double stars catalog, obtained from Cerro del Viento Observatory (Badajoz, Spain).

Introducción

EN DOS TRABAJOS ANTERIORES (González, 2012a y González, 2012b) se publicaron 277 medidas de un proyecto personal de observación, consistente en la localización y medición de todas las estrellas dobles abandonadas del observador inglés de finales del siglo XIX y comienzos del XX Thomas H. E. C. Espin (1858-1934). Durante este proceso fueron localizados 22 nuevos pares, la mayoría de ellos dobles con elevado movimiento propio común, que a día de hoy forman parte del Washington Double Star Catalog (WDS).

Este artículo constituye la tercera y última entrega de medidas de estos pares olvidados durante más de un siglo. Se presentan 123 nuevas medidas si bien, en este caso, se aporta también la astrometría de otros pares situados en las cercanías de las dobles objeto de estudio.

Una extensa biografía de Espin puede consultarse en los artículos previamente publicados, así como un detallado estudio de las características de los pares catalogados por este astrónomo inglés. Igualmente, remitimos a dichos trabajos para profundizar en la metodología y equipo empleado para el desarrollo de este trabajo.

Esta tercera serie se corresponde con las observaciones realizadas durante el verano y el inicio del otoño de 2011 (meses de julio a octubre).

Equipo y metodología empleados

De forma resumida recordaremos que el instrumental empleado consiste en un telescopio de 0,2 m Celestron a f/10. Dicho equipo óptico opera sobre una montura CGEM de la misma marca. La CCD que he utilizado para la obtención de las imágenes es una Atik 16HR monocroma con un chip Sony ICX-285 AL, que tiene un tamaño de píxel de 6,45 x 6,45 micras y un tamaño de imagen de 1390 x 1040 píxeles. Para este trabajo siempre se trabajó a foco primario en modo de binning 1x1 con el que se obtiene una resolución de 0,70"/píxel y un campo de 16,2' x 12,1'. La focal resultante fue de 1920 mm.

Para cada sistema se han tomado, como mínimo, 40 imágenes. Los tiempos de exposición fueron, en la mayoría de los casos, de 2 segundos, suficientes para capturar las componentes de los sistemas Espin. No obstante, en algunos casos, y especialmente debido a la elevada Dm de ciertos sistemas, se trabajó con exposiciones menores, de 1" o incluso menos, con el objeto de no saturarla y poder realizar una astrometría y fotometría de mayor calidad. Todas han sido tratadas con sus darks correspondientes.

Para la obtención de imágenes y el control de la cámara CCD se empleó el software MaxIm DL.

En grupos de 8/10, estas imágenes fueron promediadas con el software Astroart 3.0 realizando

TABLA 1. COORDENADAS EXACTAS DE ALGUNOS PARES MAL IDENTIFICADOS EN EL WDS

| DESIGN. | COORDENADAS WDS | NUEVAS COORDENADAS (COMP. A) |
|---------|--------------------|------------------------------|
| ES 2088 | — | 04 46 56,41 +39 45 40,8 |
| ES 1804 | 23 52 07 +58 44 30 | 235152,87 +584248,5 |

un apilado manual que nos permite eliminar aquellas que presentan peor calidad debido a la turbulencia o a un mal seguimiento, quedándonos al final con 5 imágenes finales con una mejor relación señal/ruido.

Estas 5 imágenes finales a su vez, podemos volver a promediarlas para obtener una imagen con mejor calidad aún. De este modo, contamos por cada sistema con un total de 6 imágenes de gran calidad y con una relación señal/ruido excelente con las que trabajar.

La reducción astrométrica ha sido llevada a cabo gracias al software *Astrometrica* desarrollado por Herbert Raab y el catálogo UCAC3, que nos ofrece unos residuos generalmente inferiores a 0,1". Una vez obtenida la astrometría absoluta de nuestras estrellas en esas 6 imágenes, procedimos al cálculo de Theta (ángulo de posición) y Rho (separación angular) con la aplicación *Dobles* creada por Julio Castellano.

Posteriormente, gracias al *log* de *Astrometrica*, podemos consultar tanto la resolución/píxel como la orientación de nuestras imágenes, datos que son imprescindibles a la hora de poder trabajar con *Reduc*, el impresionante software creado por nuestro compañero y amigo Florent Losse.

Por regla general, siempre que ha sido posible, cada sistema ha sido medido por ambos métodos. El resultado que aquí presentamos es la media de ambas medidas. Únicamente aquellas dobles más cerradas han sido medidas exclusivamente con *Reduc* por su mayor fiabilidad.

Resultados obtenidos

El resultado de nuestras observaciones puede verse en la tabla 2. En ella presentamos las medidas de más de un centenar de estrellas abandonadas de Espin, al tiempo que se incluyen otras de sistemas que se encontraban en las inmediaciones de algunas de las dobles estudiadas.

Algunas de las estrellas consideradas abandonadas al inicio de nuestro trabajo de campo dejaron de serlo en los meses siguientes debido a las aportaciones de otros observadores al WDS. Se da el caso curioso de que algunas de estas medidas ofrecen valores realmente divergentes con lo que medimos Espin y yo mismo, resultando que mis medidas son más coincidentes con las originales del observador inglés que con las más recientes ofrecidas por

observadores contemporáneos. Sin duda tiene que deberse a errores de identificación o a errores propios del sistema de medición. En la tabla 1 se muestran las coordenadas correctas de algunos pares que aparecían erróneamente identificados en el WDS.

El trabajo de campo se desarrolló en el verano de 2011, situándose la inmensa mayoría de los pares observados en la constelación de Cygnus, muy bien situada en esa época del año. Le siguen, por cantidad de observaciones, Cassiopeia, Andromeda, Pegasus y Cepheus. Estas constelaciones coinciden con las que tienen mayor número de dobles abandonadas de Espin.

Las dobles abandonadas estudiadas no habían sido observadas, en la mayoría de los casos, desde que fueron catalogadas por Espin, siempre en el primer tercio del siglo. Cuando tienen más de una observación en el WDS es frecuente que sean del mismo Espin, transcurridos algunos años después del momento de la catalogación; tan sólo un 40% de estas estrellas han sido observadas en fechas recientes.

En lo referente a las separaciones de las estrellas objeto de estudio, debemos mencionar que responden a lo expuesto en los trabajos de esta serie previamente publicados: las separaciones más habituales han sido las de pares situados entre 2 y 4", seguidas muy de cerca por las separadas por 4 a 6" (entre ambas constituyen el 51,5% de los casos). Casi la mitad de las dobles estudiadas presentan una *Dm* superior a 3 magnitudes. Si a ello sumamos lo descrito anteriormente (las separaciones habituales) uno se explica la mayor dificultad para observar las dobles abandonadas de Espin, especialmente utilizando cámaras CCD y, además, se entiende mejor el hecho de que hayan permanecido abandonadas tanto tiempo. La *Dm* más recurrente ha sido la de pares con una diferencia de brillo de entre 2 y 3 magnitudes. Este valor se ha obtenido obteniendo la media de los valores ofrecidos por *Reduc* y *Astrometrica*.

Empleando las técnicas y métodos descritos en el capítulo anterior, se han obtenido unas incertidumbres medias internas para theta y rho (dadas como la media de las desviaciones de todas las medidas realizadas con *Astrometrica* o *Reduc*) de 0,31° y 0,05", respectivamente. Estos son los valores que solemos obtener habitualmente en nuestros trabajos, si bien la incertidumbre del ángulo de posición (Theta) es ligeramente superior debido a la mayor dificultad de los pares medidos en esta serie. No obstante, creemos que estos valores ofrecen medidas fiables y demuestran la estabilidad y fiabilidad del sistema óptico empleado.

Las medidas de los pares objeto de estudio se presentan en la tabla 2.

La descripción de la tabla es la siguiente:

- Columna 1: identificador del catálogo WDS. Están listados en orden creciente de ascensión recta.
- Columna 2: denominación del sistema.
- Columnas 3 y 4: magnitudes de cada componente, tal y como aparecen en el WDS.
- Columna 5: la época de la observación, dada en fracciones del año Besseliano.
- Columna 6: ángulo de posición (Theta) en grados.
- Columna 7: separación angular (Rho) en segundos de arco.
- Columna 8: número de noches.
- Columna 9: número de la imagen correspondiente al álbum de imágenes.
- Columna 10: notas.

En la tabla 3 se presenta una selección de imágenes de la mayoría de las dobles de Espin que publicamos en el presente trabajo. Se trata de recortes (realizados con *Reduc*) de 128x128 píxeles de los *fits* originales. En todas ellas el norte se muestra abajo y el este a la derecha. En las imágenes en que es necesario se han identificado las componentes según su denominación oficial.

Nos ha resultado imposible localizar dos sistemas, tanto a través de imágenes propias como tras un rastreo de las zonas indicadas en las coordenadas originales indicadas por Espin. En uno de los casos forzosamente se tiene que deber a un error de anotación del propio Espin (ES 2068); en el otro es casi seguro que la causa es el movimiento propio de algunas de las componentes de tal manera que una de ellas se ha situado sobre la otra (ES 481AB). ©

Referencias

- Castellano, J., 2006, *Software "Dobles"*. Disponible en: <http://astrosurf.com/cometas-obs/ArtSoftUtil/Software.html>.
- Centre de Donées Astronomiques de Strasbourg, 1993-2011, *Vizier Service*. Disponible en: <http://webviz.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>.
- Centre de Donées Astronomiques de Strasbourg, 1999-2011, *Aladin Sky Atlas*. Disponible en: <http://aladin.u-strasbg.fr/>.
- González Carballo, J. L., 2012a, *CCD Measurements of Espin Neglected Double Stars: 1st series*, JDSO, 8, 2, 97-121.
- González Carballo, J. L., 2012b, *Medidas CCD de estrellas dobles abandonadas de Espin (2^a serie)*, OED 8, 26-60.
- Losse F., 2001-2011, *Reduc Software*. Programa *mail-ware* disponible en: <http://astrosurf.com/hfosaf/index.htm>.
- Mason, B. D. *et al.*, *The Washington Double Star Catalog (WDS) 2006.5*, U.S. Naval Observatory.
- Raab, H., 1993-2011, *Software Astrometrica*. Disponible en: <http://www.astrometrica.at>.
- Roeser, S. *et al.*, 2008, *PPMX Catalog of positions and proper motions*, A&A, 488, 401.
- Zacharias, N. *et al.*, 2010, *The Third U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC3)*, AJ, 139-2184.

This research has made use of the Washington Double Star Catalog maintained at the U.S. Naval Observatory.

TABLA 2. ASTROMETRÍA DE LOS PARES OBSERVADOS.

| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA (°) | RHO (") | NOCHES | IMAGEN | NOTAS |
|------------|-----------|-----------|-------|----------------------------|--------------|------------|--------|--------|-------|
| 01459+6112 | STI 285 | 13,40 | 13,40 | 2011,609 | 135,9 | 6,96 | 1 | 1 | 1 |
| 01460+6113 | STF 151 | 10,59 | 10,98 | 2011,609 | 37,7 | 7,21 | 1 | 2 | 1 |
| 01461+6112 | STI 288 | 10,56 | 12,43 | 2011,609 | 137,8 | 13,89 | 1 | 3 | 1 |
| 01461+6114 | STF 152 | 9,04 | 11,20 | 2011,609 | 106,3 | 9,25 | 1 | 4 | 1 |
| 01464+6116 | ES 1950AB | 8,60 | 12,39 | 2011,609 | 252,0 | 27,88 | 1 | 5 | 1 |
| 01464+6116 | ES 1950BC | 12,40 | 12,80 | 2011,609 | 75,2 | 2,246 | 1 | 5 | 1 |
| 01465+6114 | STI 289 | 12,22 | 10,08 | 2011,609 | 237,4 | 12,26 | 1 | 3 | 1 |
| 01465+6114 | STI 291AB | 12,60 | 13,00 | 2011,609 | 196,6 | 13,88 | 1 | 6 | 1 |
| 01466+6112 | STI 295AB | 10,21 | 14,00 | 2011,609 | 355,4 | 7,12 | 1 | 7 | 1 |
| 01466+6112 | STI 295BC | 14,00 | 14,18 | 2011,609 | 85,5 | 11,52 | 1 | 7 | 1 |
| 01466+6116 | STF 153 | 9,36 | 10,38 | 2011,609 | 106,3 | 9,25 | 1 | 8 | 1 |
| 01467+6114 | STI 297 | 11,10 | 13,20 | 2011,609 | 119,8 | 7,24 | 1 | 9 | 1 |
| 01508+6105 | ES 1872AB | 10,08 | 11,95 | 2011,609 | 267,6 | 25,64 | 1 | 10 | |
| 01508+6105 | ES 1872BC | 11,95 | 12,00 | 2011,609 | 348,5 | 2,60 | 1 | 10 | |
| 01512+6104 | STI 316 | 13,70 | 13,70 | 2011,609 | 106,3 | 8,55 | 1 | | |
| 01596+6055 | ES 1873 | 10,33 | 15,10 | 2011,609 | 232,6 | 5,71 | 1 | 11 | 2 |
| 02169+5357 | HJ 2121 | 10,50 | 11,00 | 2011,609 | 343,3 | 13,88 | 1 | 12 | |
| 02173+5409 | ES 618 | 10,48 | 12,80 | 2011,609 | 171,6 | 2,81 | 1 | | |
| 02277+5029 | ES 456 | 9,82 | 12,10 | 2011,609 | 276,7 | 4,00 | 1 | 13 | |
| 02399+3848 | ES 1956AC | 12,07 | 14,60 | 2011,606 | 76,0 | 3,94 | 1 | | |
| 02407+3846 | ALI 756 | 11,40 | 13,10 | 2011,606 | 15,2 | 8,02 | 1 | | |
| 03131+4440 | ES 1310AB | 10,54 | 11,31 | 2011,609 | 160,4 | 22,65 | 1 | | |
| 03131+4440 | ES 1310AD | 10,54 | 9,09 | 2011,609 | 234,8 | 98,08 | 1 | | |
| 03131+4440 | ES 1310BD | 11,31 | 9,09 | 2011,609 | 248,1 | 94,54 | 1 | | |
| 04041+4949 | ES 466AB | 9,46 | 12,48 | 2011,628 | 58,8 | 4,46 | 1 | | |
| 04041+4949 | ES 466AC | 9,46 | 13,00 | 2011,628 | 120,8 | 16,00 | 1 | | |
| 04041+4949 | WAK 11CD | 13,00 | 13,80 | 2011,628 | 71,9 | 7,50 | 1 | | |
| 04091+4801 | ES 1223 | 10,21 | 12,10 | 2011,628 | 109,9 | 3,89 | 1 | | |
| 04168+5118 | ES 1068AB | 9,64 | 13,90 | 2011,628 | 104,6 | 48,62 | 1 | | |
| 04168+5118 | ES 1068BC | 13,90 | 14,40 | 2011,628 | 75,1 | 3,22 | 1 | 14 | |
| 04210+5015 | S 445AB | 7,31 | 8,19 | 2011,628 | 71,4 | 327,7 | 1 | 14 | 3 |
| 04210+5015 | S 445AC | 7,31 | 9,30 | 2011,628 | 261,6 | 150,86 | 1 | | 3 |
| 04210+5015 | ES 2604AD | 7,31 | 14,80 | 2011,628 | 320,2 | 24,86 | 1 | | 3 |
| 04210+5015 | ES 2604BE | 8,19 | 11,20 | 2011,628 | 262,4 | 23,41 | 1 | | 3 |
| 04313+5503 | ES 882 | 9,52 | 12,70 | 2011,628 | 176,1 | 6,30 | 1 | 15 | 4 |
| 04454+4347 | ES 13AB | 7,87 | 14,90 | 2011,628 | 220,2 | 15,54 | 1 | | |
| 04454+4347 | ES 13AC | 7,87 | 15,10 | 2011,628 | 346,0 | 17,04 | 1 | | |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. ASTROMETRÍA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.)

| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA (°) | RHO (") | NOCHES | IMAGEN | NOTAS |
|------------|-----------|-----------|-------|----------------------------|--------------|------------|--------|--------|-------|
| 04489+4139 | ES 572 | 9,80 | 13,00 | 2011,628 | 87,2 | 3,40 | 1 | | |
| 04537+4737 | ES 1227 | 9,86 | 11,30 | 2011,609 | 240,3 | 4,11 | 1 | 16 | |
| 04564+4739 | ES 57AB | 10,30 | 10,70 | 2011,609 | 180,5 | 2,42 | 1 | | |
| 04564+4739 | ES 57AC | 10,30 | 14,80 | 2011,609 | 61,3 | 17,09 | 1 | | |
| 04573+6226 | ES 1885 | 10,75 | 13,40 | 2011,609 | 112,2 | 3,79 | 1 | | |
| 04581+4506 | ES 1372 | 10,40 | 12,10 | 2011,609 | 94,1 | 4,65 | 1 | 17 | |
| 19088+2825 | ES 348 | 8,78 | 11,30 | 2011,609 | 255,4 | 4,80 | 1 | 18 | |
| 19089+3724 | ES 2111AB | 10,50 | 11,50 | 2011,609 | 171,3 | 5,23 | 1 | 19 | |
| 19089+3724 | ES 2111BC | 11,50 | 12,50 | 2011,609 | 232,3 | 5,12 | 1 | 19 | |
| 19089+3724 | ABH 111AD | 10,50 | 14,30 | 2011,609 | 40,7 | 16,40 | 1 | 19 | |
| 19102+2751 | AOT 75AC | 10,77 | 14,50 | 2011,609 | 285,3 | 57,88 | 1 | 21 | |
| 19106+3145 | ES 349 | 10,76 | 14,50 | 2011,609 | 220,1 | 3,66 | 1 | 20 | |
| 19114+3144 | GRV 249 | 12,24 | 12,42 | 2011,609 | 207,2 | 14,56 | 1 | | |
| 19117+3212 | ES 2368 | 8,92 | 12,40 | 2011,609 | 297,1 | 4,52 | 1 | | |
| 19147+3506 | ES 2239 | 10,54 | 13,00 | 2011,609 | 46,8 | 8,66 | 1 | 22 | |
| 19193+4217 | ES 1562AB | 9,39 | 9,80 | 2011,609 | 324,5 | 6,06 | 1 | 23 | |
| 19193+4217 | ES 1562AC | 9,39 | 12,90 | 2011,609 | 57,5 | 31,92 | 1 | 23 | |
| 19200+3358 | ES 2294 | 10,81 | 13,90 | 2011,609 | 51,8 | 1,95 | 1 | | |
| 19201+3752 | ES 2489 | 12,20 | 13,00 | 2011,609 | 188,3 | 10,41 | 1 | 24 | |
| 19204+3751 | ALI 621 | 13,40 | 13,40 | 2011,609 | 308,1 | 14,15 | 1 | 25 | |
| 19223+5246 | ES 983AB | 11,02 | 11,60 | 2011,609 | 211,6 | 2,43 | 1 | | |
| 19223+5246 | ES 983AC | 11,02 | 11,61 | 2011,609 | 47,1 | 24,31 | 1 | | |
| 20024+3519 | ES 202AB | 9,20 | 10,90 | 2011,606 | 99,7 | 17,88 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ES 202AC | 9,20 | 11,80 | 2011,606 | 163,2 | 11,87 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ES 202AD | 9,20 | 11,80 | 2011,606 | 133,2 | 23,23 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AE | 9,20 | 13,60 | 2011,606 | 221,6 | 19,84 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AF | 9,20 | 13,50 | 2011,606 | 221,8 | 32,17 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AG | 9,20 | 13,80 | 2011,606 | 24,9 | 35,82 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AH | 9,20 | 14,50 | 2011,606 | 13,2 | 41,43 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AI | 9,20 | 13,60 | 2011,606 | 129,7 | 56,97 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AJ | 9,20 | 13,60 | 2011,606 | 108,0 | 62,09 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AK | 9,20 | 12,80 | 2011,606 | 107,5 | 98,97 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ABH 127AL | 9,20 | 14,60 | 2011,606 | 112,1 | 96,70 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ES 202AM | 9,20 | 13,10 | 2011,606 | 222,8 | 11,53 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ES 202BN | 10,90 | 13,50 | 2011,606 | 107,6 | 4,85 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ES 202CD | 11,80 | 11,80 | 2011,606 | 109,1 | 14,60 | 1 | | 5 |
| 20024+3519 | ES 202BD | 10,90 | 11,80 | 2011,606 | 185,5 | 12,83 | 1 | | 5 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. ASTROMETRÍA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.)

| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA (°) | RHO (") | NOCHES | IMAGEN | NOTAS |
|------------|-------------|-----------|-------|----------------------------|--------------|------------|--------|--------|-------|
| 20037+3145 | SEI 827AD | 8,35 | 11,80 | 2011,606 | 17,7 | 9,37 | 1 | 26 | 6 |
| 20040+3152 | BRT 276 | 13,08 | 12,87 | 2011,606 | 17,8 | 3,67 | 1 | 27 | 7 |
| 20047+4938 | KU 58AB | 10,23 | 10,41 | 2011,606 | 190,3 | 2,72 | 1 | 28 | |
| 20047+4938 | ES 2688BC | 10,41 | 15,10 | 2011,606 | 168,8 | 15,70 | 1 | 29 | |
| 20057+3020 | ES 498 | 8,86 | 12,50 | 2011,606 | 306,2 | 7,93 | 1 | 30 | |
| 20073+3534 | SEI 893CD | 9,10 | 12,60 | 2011,606 | 119,1 | 27,38 | 1 | 31 | |
| 20074+3537 | ALI 181 | 10,70 | 10,60 | 2011,606 | 218,7 | 14,62 | 1 | 32 | |
| 20101+3728 | ES 2186 | 10,07 | 13,60 | 2011,606 | 196,0 | 4,98 | 1 | | |
| 20115+3722 | SEI 973 | 12,25 | 11,84 | 2011,606 | 105,8 | 20,78 | 1 | | |
| 20117+3720 | SEI 982 | 12,62 | 12,80 | 2011,606 | 63,3 | 19,58 | 1 | | |
| 20118+3726 | SLE 959AB | 11,80 | 12,60 | 2011,606 | 161,8 | 12,95 | 1 | | |
| 20118+3726 | SLE 959AC | 11,80 | 12,30 | 2011,606 | 176,3 | 21,85 | 1 | | |
| 20118+3936 | ES 1973AB,C | 10,60 | 12,80 | 2011,606 | 351,7 | 4,07 | 1 | 33 | |
| 20119+3727 | SLE 960 | 11,00 | 12,70 | 2011,606 | 294,9 | 12,34 | 1 | | |
| 20121+3938 | SEI 997 | 11,20 | 11,50 | 2011,606 | 146,5 | 10,33 | 1 | 34 | |
| 20135+3828 | ES 2121AC | 10,40 | 12,80 | 2011,606 | 234,4 | 3,58 | 1 | 35 | |
| 20143+3829 | SLE 970 | 9,53 | 14,00 | 2011,606 | 234,2 | 11,98 | 1 | | |
| 21095+3437 | ES 2256 | 9,51 | 14,00 | 2011,628 | 101,7 | 4,51 | 1 | 36 | |
| 21098+3504 | ES 2257AB | 11,29 | 11,46 | 2011,628 | 267,5 | 15,24 | 1 | 37 | |
| 21098+3504 | ES 2257BC | 11,46 | 13,60 | 2011,628 | 260,5 | 5,48 | 1 | 37 | |
| 21118+3931 | ES 1992 | 10,90 | 13,40 | 2011,628 | 206,8 | 3,18 | 1 | | |
| 21155+3613 | SEI1481AB | 12,16 | 11,96 | 2011,606 | 307,3 | 13,90 | 1 | 38 | |
| 21155+3613 | SEI1480AC | 12,16 | 12,11 | 2011,606 | 345,8 | 15,35 | 1 | 38 | |
| 21181+3854 | SEI1494 | 10,84 | 11,23 | 2011,606 | 357,6 | 24,51 | 1 | | |
| 21182+3850 | ES 1993 | 9,90 | 14,50 | 2011,606 | 264,0 | 9,19 | 1 | | |
| 21084+2614 | ES 515 | 10,76 | 14,30 | 2011,628 | 294,9 | 3,50 | 1 | | |
| 21190+5039 | ES 1004 | 9,28 | 11,80 | 2011,606 | 220,9 | 7,31 | 1 | 39 | |
| 21195+5048 | ES 1005AB | 10,99 | 12,10 | 2011,628 | 145,2 | 11,36 | 1 | | |
| 21195+5048 | ES 1005BC | 12,10 | 13,50 | 2011,628 | 125,1 | 2,43 | 1 | | |
| 21214+4301 | ES 1585 | 10,23 | 13,40 | 2011,606 | 230,4 | 18,71 | 1 | | 8 |
| 21392+3241 | ES 2320AB | 9,80 | 10,50 | 2011,628 | 188,6 | 12,14 | 1 | 40 | |
| 21392+3241 | ES 2320BC | 10,50 | 13,00 | 2011,628 | 320,4 | 3,22 | 1 | 40 | |
| 21404+5029 | ES 1104AB | 9,90 | 13,40 | 2011,628 | 347,2 | 3,34 | 1 | | |
| 21404+5029 | ES 1104AC | 9,90 | 12,90 | 2011,628 | 225,4 | 13,80 | 1 | | |
| 23225+2555 | ES 2727 | 6,39 | 12,90 | 2011,606 | 268,3 | 19,73 | 1 | 41 | |
| 23240+5125 | ES 1187AB | 10,62 | 13,60 | 2011,628 | 132,1 | 3,19 | 1 | | |
| 23240+5125 | ES 1187AC | 10,62 | 14,90 | 2011,628 | 340,5 | 6,65 | 1 | | |

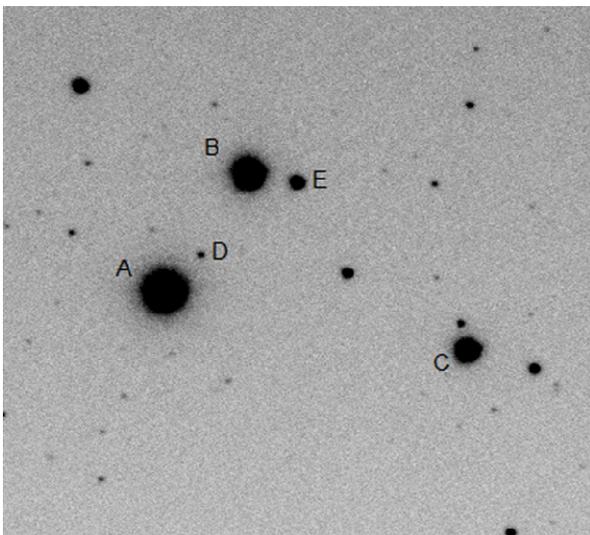
(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. ASTROMETRÍA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.)

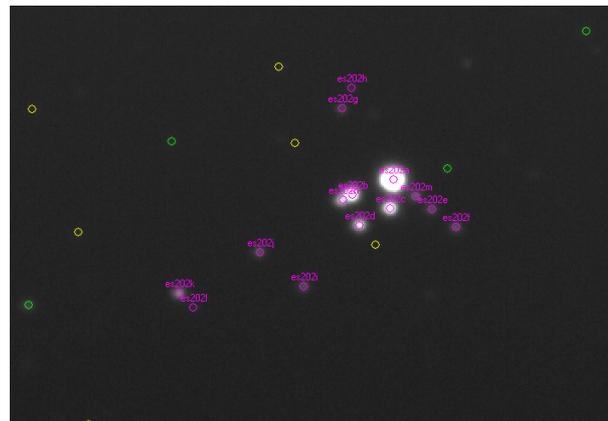
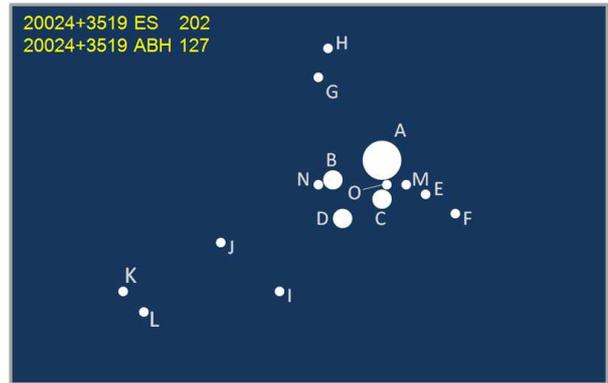
| WDS ID. | DESC. | WDS MAGS. | | ÉPOCA AÑO BESSELIANO | THETA (°) | RHO (") | NOCHES | IMAGEN | NOTAS |
|------------|-----------|-----------|-------|----------------------------|--------------|------------|--------|--------|-------|
| 23266+5458 | ES 1043AB | 9,30 | 11,10 | 2011,628 | 26,0 | 28,45 | 1 | 42 | |
| 23266+5458 | ES 1043BC | 9,30 | 12,14 | 2011,626 | 115,4 | 2,12 | 1 | 42 | |
| 23266+5458 | ES 1043AD | 11,10 | 11,30 | 2011,628 | 15,6 | 43,22 | 1 | 42 | |
| 23388+4424 | ES 1352AC | 9,33 | 14,90 | 2011,628 | 179,4 | 8,18 | 1 | 43 | 9 |
| 23449+4831 | ES 549AB | 8,84 | 14,00 | 2011,606 | 329,6 | 14,93 | 1 | 44 | 10 |
| 23449+4831 | ES 549AC | 8,84 | 9,3 | 2011,606 | 238,2 | 19,96 | 1 | 44 | 10 |
| 23449+4831 | ABH 179AE | 8,82 | 14,60 | 2011,606 | 11,24 | 24,70 | 1 | 44 | 10 |
| 23505+5023 | ES 926AC | 10,82 | 13,60 | 2011,606 | 211,5 | 7,27 | 1 | | |
| 23505+5023 | ES 926AD | 10,82 | 15,60 | 2011,606 | 132,1 | 11,09 | 1 | | |
| 23521+5845 | ES 1804 | 9,60 | 12,90 | 2011,606 | 77,4 | 3,98 | 1 | | 11 |
| 23584+5123 | ES 37AB | 8,68 | 13,20 | 2011,606 | 264,7 | 21,56 | 1 | 45 | |
| 23584+5123 | ES 37AC | 8,68 | 11,00 | 2011,606 | 317,7 | 30,69 | 1 | 45 | |

Notas

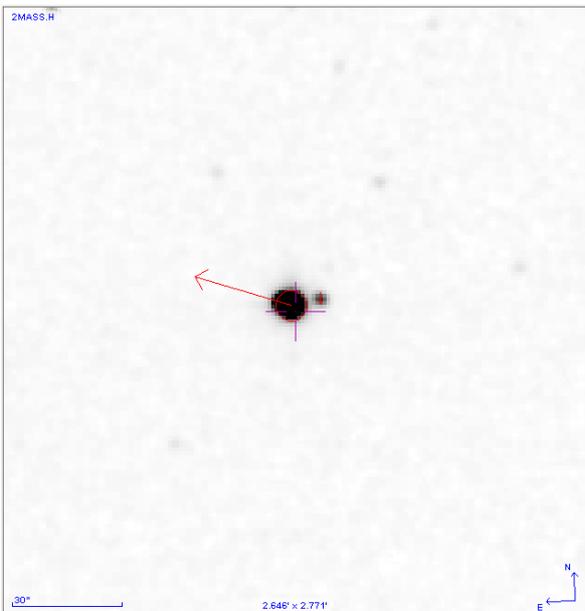
1. Forman parte del cúmulo abierto NGC663.
2. ES 1873: Rho aumenta porque tiene un mp que, aunque discreto (24/19), es opuesto a B.
3. Forman parte del cúmulo abierto NGC1545.



4. AP invertido.
5. Este extenso grupo de dobles catalogadas por Espin y H. A. Abt forman parte del cúmulo abierto ADS13292CL. Véanse imágenes adjuntas.
6. Estamos convencidos (en base a criterios astrométricos y fotométricos) que el sistema aquí medido (ES 359AB) es el mismo par que SEI 827AD. A través de las medidas históricas podemos comprobar que la astrometría y la fotometría de ambos sistemas es coincidente, salvo la última medida publicada en el WDS, que es claramente discrepante con lo que podemos observar e incongruente con las medidas de Espin.



7. AP invertido.
8. Gran diferencia con respecto a lo medido por Espin en 1916. No obstante, estoy seguro de que se trata de este par dado que la fotometría coincide y los mp de ambas componentes son elevados y divergentes; mp A=100,7/98,5 y mp B=-82,4/-44,8 (UCAC3).
9. Movimientos propios divergentes, de ahí la diferencia de rho con respecto a la medida de Espin. El sistema D 26AB ha sido tapado por la



brillante A.

10. Complejo sistema cuádruple formado por componentes con elevado m_p , lo que ha motivado que la astrometría haya cambiado mucho a lo largo del tiempo. ABH cataloga otro par del sistema como ABH 179AD. Realmente confundió la componente B del par ES 549AB que, dado su elevado m_p (54,2/101,2 según el UCAC3), creyó que era una estrella no catalogada. El WDS ha mantenido el error de ABH. Además, la componente B parece tener una débil compañera muy cercana, puesta en evidencia a partir de la imagen tomada por Miguel Ángel García desde su Observatorio SPAG-OAR Monfragüe. Estamos pendientes de la toma de imágenes a mayor resolución para dilucidar la verdadera naturaleza de dicha componente.

11. Coordenadas erróneas. Véase tabla 1 (página 28).

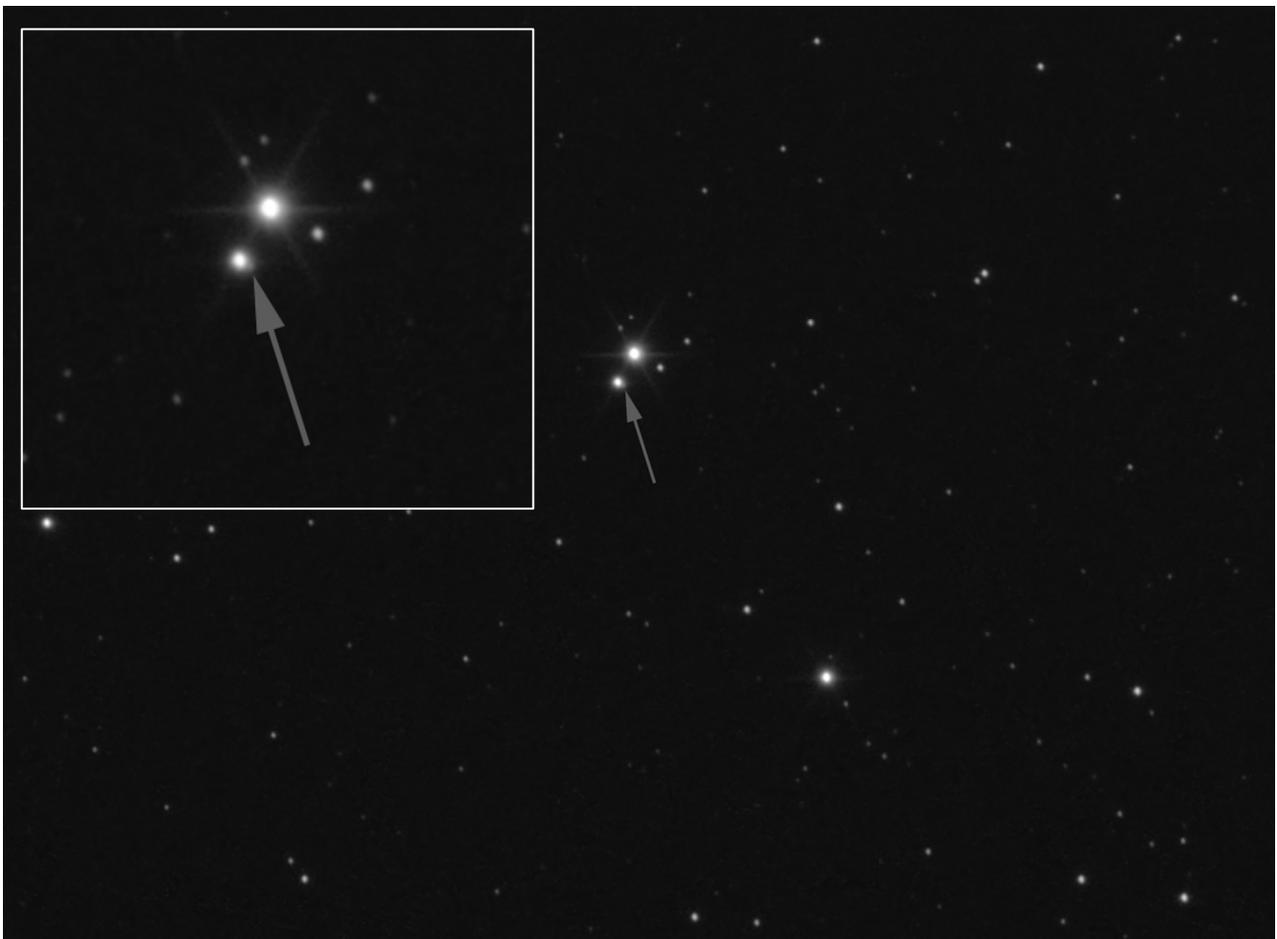
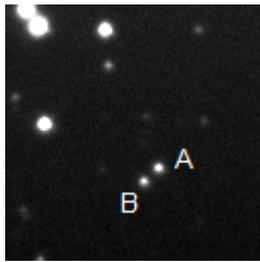
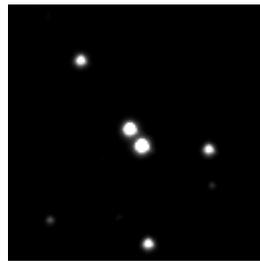


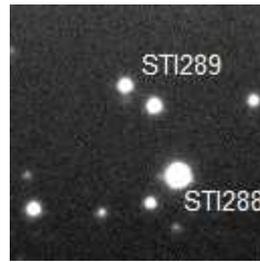
TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES.



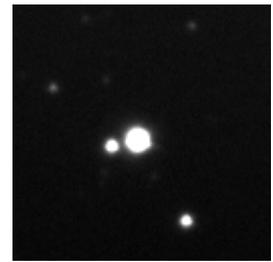
STI 285



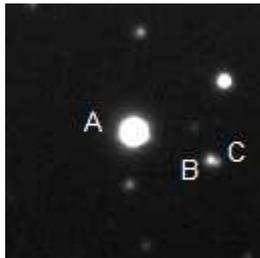
STF 151



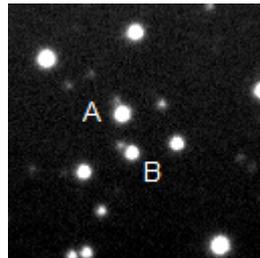
STI 288 / STI 289



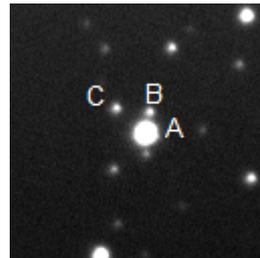
STI 152



ES 1950AB y BC



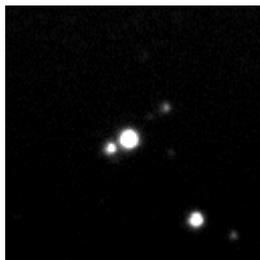
STI 291



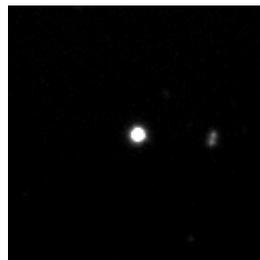
STI 295AB y BC



STF 153



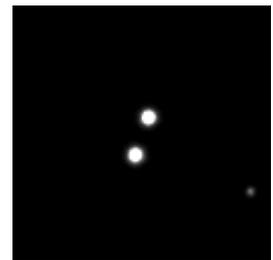
STI 297



ES 1872AB y BC



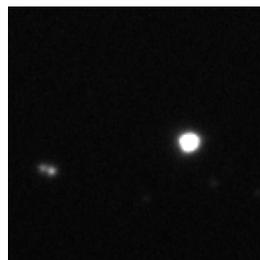
ES 1873



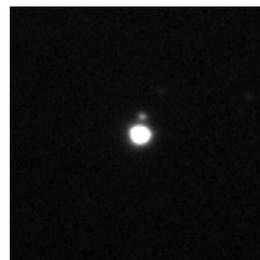
HJ 2121



ES 456



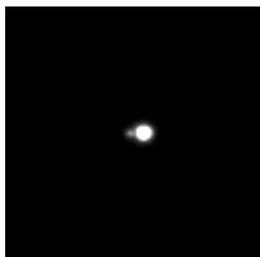
ES 1068 AB y BC



ES 882



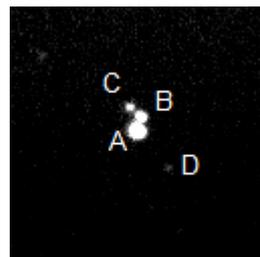
ES 1227



ES 1372



ES 348



ES 2111SB, BC y AD



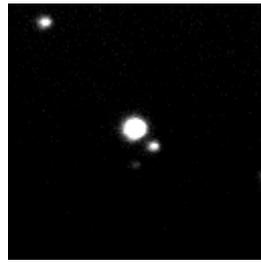
ES 349

(Continúa en la página siguiente)

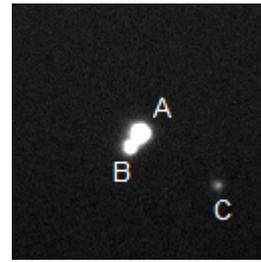
TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES (CONT.)



GRV 249



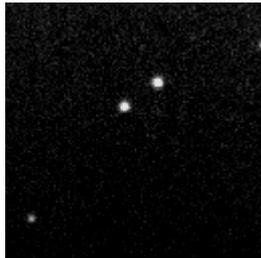
ES 2239



ES 1562AB y AC



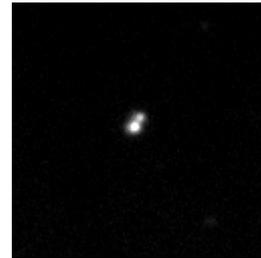
ES 2489



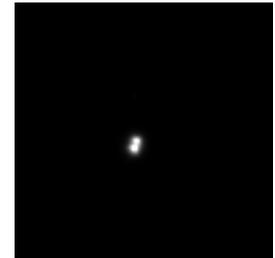
ALI 621



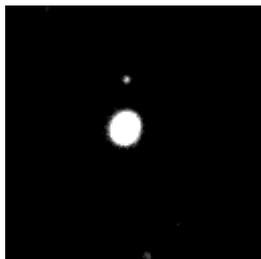
ES 359AB



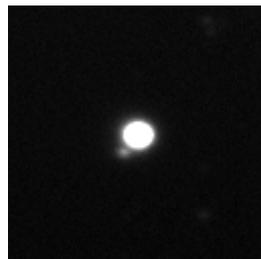
BRT 276



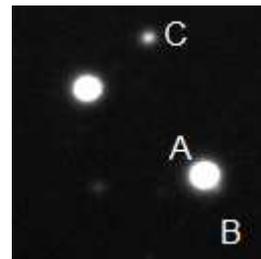
KU 58AB



ES 2688BC



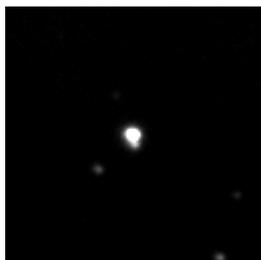
ES 498



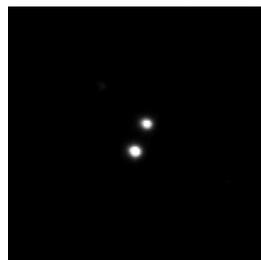
SEI 893



ALI 181



ES 1973



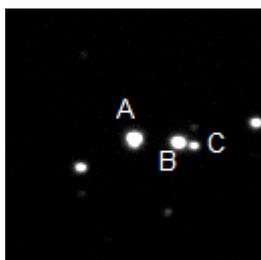
SEI 997



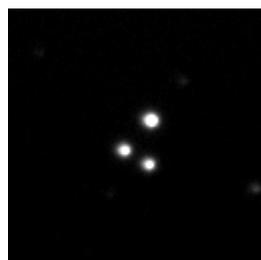
ES 2121AC



ES 2256



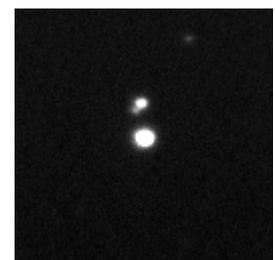
ES 2257



SEI1471AB y AC



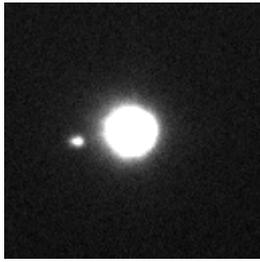
ES 1004



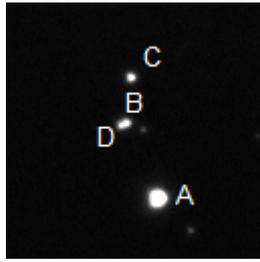
ES 2320AB y BC

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES (CONT.)



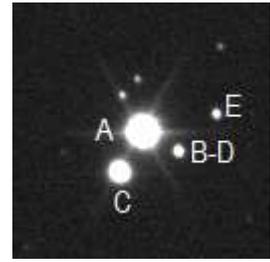
ES 2727



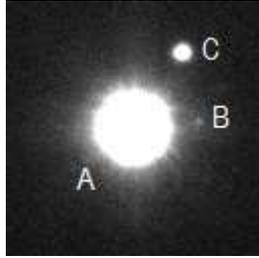
ES 1043AB, BC y AD



ES 1352AC



ES 549



ES 37AB, BC



observatorio cerro del viento
extremadura · españa · MPC 184



Una premier: medidas CCD de 210 estrellas dobles visuales en remoto con un telescopio GoTo

A premier: 210 CCD measurements with a GoTo Remote Telescope

Marcel Fay

■ Correo-e: fay.marcel@orange.fr

Este artículo presenta los resultados de las mediciones de 210 estrellas dobles visuales realizadas en la campaña de 2011. Se utilizó un telescopio Schmidt-Cassegrain de 283 mm de apertura y una cámara con sensor CCD, operando por control remoto. Las medidas se realizaron con el método astrométrico.

This paper present the results of the measurements for 210 visual double stars carried out in 2011. A 11 inch Schmidt-Cassegrain telescope and a CCD camera by remote control was used. The measures were realized by the astrometric method.

Introducción

ESTE TRABAJO PRESENTA LAS MEDIDAS de 210 estrellas dobles visuales hechas durante el año 2011, las cuales fueron efectuadas con un telescopio dotado de apuntado automático (GoTo) controlado a distancia y una cámara CCD a foco primario (detalles: ver el apartado *Instrumentos y Programas*). El equipo está instalado en el complejo observacional del Observatorio de Dax (UAI 958), localizado en Francia en la ciudad que lleva su nombre (figura 1), y que puede ser visitado a través de su web (<http://www.astrosurf.com/obsdax/home.htm>)

La ventaja de las medidas astrométricas realizadas a partir de imágenes CCD, es el carácter impersonal de las mismas. La cámara usada es del modelo Audine, equipada con un sensor Kodak KAF 400 de tipo E, que permite aumentar la sensibilidad

en la parte azul del espectro.

El telescopio, montado sobre una columna casera (más robusta y menos voluminosa que la original), es un Schmidt-Cassegrain Celestron C11 XLT de 283 mm de apertura (figura 2, página siguiente).

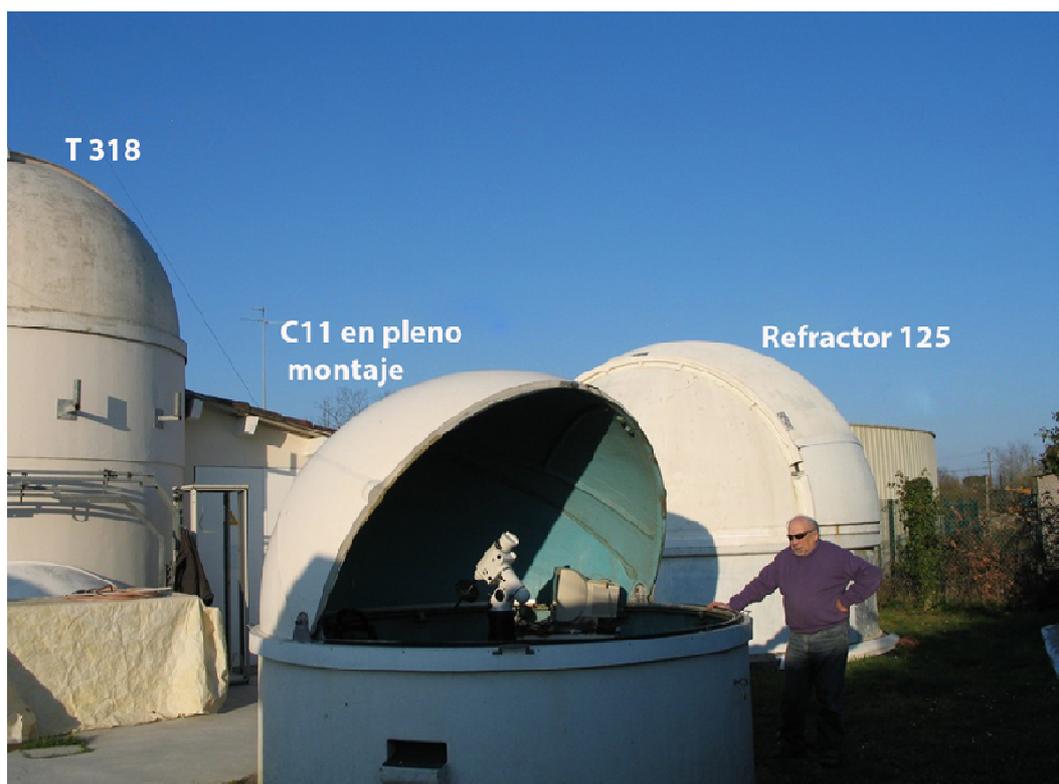


Figura 1. Vista general del Observatorio de Dax. En primer plano la cúpula del C11 durante su instalación. (Todas las imágenes son cortesía del autor).

Observando desde el Dax



Figura 2. El telescopio usado en la campaña según montaje a finales de 2011: C11 XLT GoTo con la Cámara Audine 400E. El controlador de focal Z.I.S (ver texto) está montado entre el foco y la Audine. La escala de placa para este tren óptico resultó ser de $0,485 \pm 0,005$ "/pixel. También se muestra el telescopio secundario (Kepler 80/400) y la cámara PL1-M. Todo el conjunto opera en modo remoto.



Figura 3. Puesto de trabajo del autor en el laboratorio del Observatorio de Dax.



Figura 4. Marcel Fay ultimando la puesta en estación definitiva.



Figura 5. Observatorio remoto del autor en Benesse Maremne, localidad a 18 km al norte de Bayonne y a 35 km de Dax. Superpuestas, a la izquierda, dos instantáneas de una observación a distancia. (Fotomontaje de la redacción con material del autor).



Figura 6. Antena meteorológica del Observatorio de Dax.

Como todo el material usado en esta campaña de 2011 era nuevo para el autor, no se hizo ninguna modificación de la distancia focal; es decir, no se utilizó lente de Barlow. Así pues, todas las imágenes fueron tomadas con una relación teórica $F/D = 10$. La cámara se refrigeró entre -25 y -35° C con el fin de disminuir el número de píxeles calientes.

La campaña de 2011 se ha dividido en dos partes:

— **Medición a corta distancia**, conexión a Internet y periodo de puesta a punto de diferentes programas informáticos y sus ajustes. Lugar de trabajo: el laboratorio del observatorio, situado a una distancia de unos treinta metros de la cúpula. Control y puesta a punto de la focal al comienzo de la sesión y un segundo reglaje en medio de la noche, después del equilibrado térmico y la desaparición parcial de las turbulencias atmosféricas (figura 3 y 4).

— **Medición a larga distancia**, el modo de trabajo normal, después de agregar al tren óptico un dispositivo Z.I.S (Zéro Image-Shift) para el reglaje de la distancia focal. Este material es indispensable para el control remoto (figura 5.)

En esta primera campaña se han visitado generalmente estrellas dobles abiertas y medidas en raras ocasiones.

Medir estrellas dobles con grandes diferencias de magnitud es un lujo que solo se permite si se alían o combinan dos cosas esenciales:

- a) Tener una cámara con sensor ultrasensible, la KAF400E, y
- b) Disponer de un software de reducción con opciones muy variadas; hablamos de Reduc.

Muchas dobles -relativamente cerradas para una relación $F/D = 10$ - han sido medidas con las opciones siguientes de Reduc: Centrado manual, QuadPx y SURFACE. Los pares con diferencias de magnitud hasta 8, fueron medidos y registrados en la tabla de medidas correspondiente. Estrellas dobles con un $\Delta M = 12$ fueron medidas, pero como la componente principal estaba muy saturada, los resultados no se incluyeron en el listado, aún a pesar de ser científicamente reproducibles.

El objetivo de estas primeras medidas, aparte de dominar el manejo de los equipos, ha sido:

- 1) Estudiar sistemas que no han sido medidos desde hace un siglo.
- 2) Confirmar parejas no medidas desde el descubrimiento.
- 3) Identificar, al menos, la componente principal de cada par.

En cada sesión de observación, los valores de

Theta y Rho de una estrella de calibración sirven como parámetros para calibrar la cámara. Estos parámetros son:

- *Delta matrice*, denotado como *Delta* en Reduc. Es la corrección angular. Este parámetro sirve para ajustar el ángulo de rotación de la cámara.
- *E* sirve para ajustar el valor de la resolución o escala de placa (en segundos de arco por píxel, denotado como *E* en Reduc).

Por lo general, el par de calibración es medido al comienzo de la sesión de medición. La misma pareja se vuelve a medir en medio de la noche. Finalmente, se mide una última pareja al final de la sesión. Esta última no tiene que ser forzosamente una estrella de la lista de pares de calibración, sirve cualquier otra cuyo ángulo de posición no haya variado más de un grado en un siglo.

| NÚMERO | RHO (") MÍNIMO / MÁXIMO |
|--------|----------------------------|
| 10 | $\rho > 200$ |
| 29 | $100 \geq \rho < 200$ |
| 49 | $50 \geq \rho < 100$ |
| 92 | $10 \geq \rho < 50$ |
| 30 | $\rho < 10$ |

Tabla 1. Distribución de las separaciones medidas.

| N.º | DELTA M | COMENTARIOS |
|-----|-------------------------|----------------------------------|
| 117 | $\Delta M < 3$ | |
| 45 | $3 \geq \Delta M < 5$ | |
| 35 | $5 \geq \Delta M < 8$ | |
| 14 | $8 \geq \Delta M < 10$ | |
| 2 | $10 \geq \Delta M < 12$ | Medidas retenidas, $\rho > 25''$ |

Tabla 2. Variación de las diferencias de magnitud.

La medición de pares de calibración al medio y/o al final de la sesión es necesaria si se persigue mejorar la precisión de las medidas. En efecto, tan pronto como se ajusta la focal con el dispositivo Z.I.S., ésta cambia, y con ella el valor de la escala de placa (*E*). El valor medio de la escala de placa para la configuración óptica usada durante esta campaña ha sido de $0,485 \pm 0,005$ "/píxel. La variación entre el comienzo y el medio de la noche es la más importante. La estabilidad térmica, generadora de turbulencias, desaparece en gran parte durante este periodo.

La primera operación que hay que hacer, en la práctica del "remoto", es el control del tiempo que hace localmente, allí dónde se encuentra instalado el telescopio. Esta comprobación se hace, en nuestro caso, consultando la estación meteorológica del

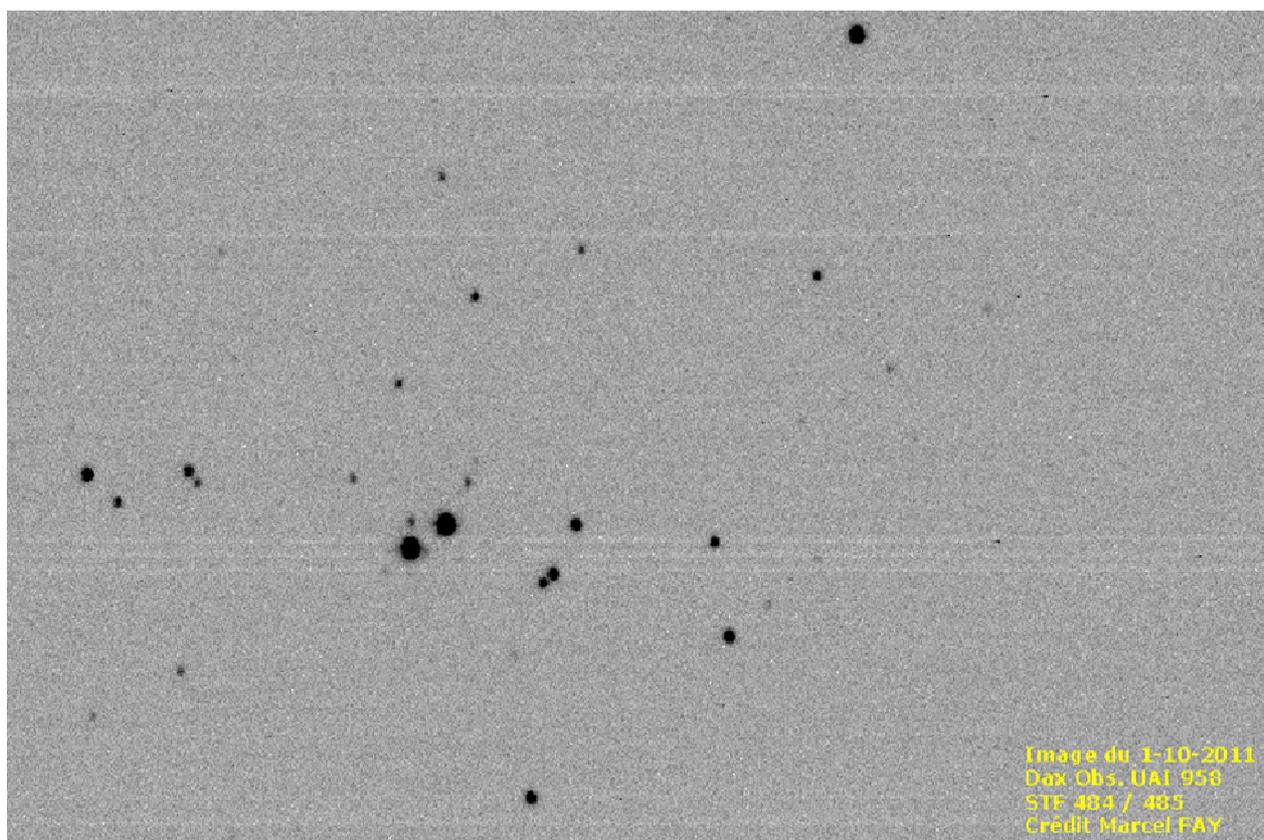


Figura 7. NGC 1502. Campo estelar donde se localizan un total de 29 pares consignados en el WDS, mayoritariamente con los códigos STF 484 / STF 485.

Observatorio de Dax (figura 6), haciendo clic en el enlace siguiente: <http://www.astrosurf.com/obsdax/ouebcamdax.htm>

Para cada doble medida y controlada con respecto a los datos del catálogo WDS, se verificaron los siguientes parámetros:

- La existencia de sinónimos (pares duplicados).
- Si es el caso, la adición de notas de interés después de hacer las consultas de rigor en los tres ficheros adjuntos al WDS, el *DeltaM* y el *complemento de Notes 2*.
- Si los pares a medir son estrellas dobles resueltas.

Los comentarios recogidos se incorporaron después a la lista de *Notas* de este documento.

Las tablas 1 y 2 muestran algunas estadísticas interesantes.

De entre los pares medidos localizados sobre una misma imagen, listamos 20 dobles referenciadas como WDS 04078+6220. Se trata del cúmulo abierto NGC 1502, cuyas magnitudes oscilan entre 6,91 y 13,5. Este cúmulo se concentra alrededor de dos estrellas de Hipparcos (HIP), y son HIP 19272 y HIP 19270, las cuales forman la doble STF 485AE. El cúmulo comprende alrededor de 60 estrellas, figurando en el WDS 29 dobles. Algunas han sido

claramente identificadas (figura 7). Ver nota STF485/484 en el listado de *Notas*.

Instrumentos y programas

—Instrumentos

- 2 PC bajo Windows XP Pro Pack 3 (son indispensables para la conexión remota).
- Un telescopio Schmidt Cassegrain de 283 mm de apertura a F/D 10. Marca: Celestron C11 XLT GoTo.
- Un telescopio refractor KEPLER 80 x 400 (grandes campos de visión, alrededor de cuatro lunas llenas).
- Un controlador de focal: MEADE tipo USB-Focuser Z. I. S. (Zéro Image-Shift).
- Cámara CCD principal: Marca AUDINE, con sensor KODAK tipo KAF 400E.
- Cámara secundaria: PL1-M con sensor CMOS montada sobre el telescopio KEPLER.

—Programas

Se citan por orden de utilización para una sesión de astrofotografía.

- *Conexión a distancia*: **Team Viewer**, versión 6: enlace entre los PC, vía Internet y control de seguridad mediante palabra clave.

- *Cartografiado celeste: Ciel.exe* de Patrick CHEVALLEY para la búsqueda de las dobles a medir¹ y *PRISM* de Cyril CAVADORE *et al.*¹.
- *Para el apuntado y el seguimiento del telescopio: Eq-Mod* con su plataforma de programas de comunicación, como ASCOM versión 5.5², sin omitir todos los drivers requeridos para el "control remoto".
- *Para la toma de imágenes: Audelà.exe* de Christian BUIL *et al.* (cámara principal) y *PHD.exe* (PHD Guiding) de Craig STARK y Sean PRANGE (cámara de gran campo).
- *Para el pre-tratamiento de imágenes: Iris y Audelà* de Christian BUIL.
- *Para la reducción: REDUC*³.

—Informaciones complementarias, programas de concepción personal

- *DoublesVers2.exe*: información⁴ sobre las diferentes componentes de las dobles⁵, extraída del WDS y de otras bases de datos disponibles en el CD-ROM del USNO.
- *WDS.exe*: comprende los siguientes catálogos:
 - TDS_Tycho2.
 - USNO Double Star Catalog y notas relativas al catálogo principal.
 - WDSnewref, con el nombre de los autores, su RefCode y referencia.
 - WDS Astrometry, con el nombre de los autores, su RefCode y referencia.
 - WDS2001notes_main.
 - HDS vs Hipparcos referencia cruzada.
 - WDS_synonymus.
 - 6Orb_cat2006.
 - Todas estas bases de datos son instaladas desde el CD-ROM original enviado amablemente por Brian D. Mason y William I. Hartkopf desde el USNO (Observatorio Naval de los Estados Unidos), a quienes agradecemos su gesto.

Medidas

La tabla de medidas (tabla 3, página 44 y siguientes) está ordenada por orden creciente de ascensión recta.

Los campos de datos de izquierda a derecha son:

- Identificador de la doble con sus componentes.
- Identificador WDS seguido de las magnitudes de las componentes (mA y mB).
- La diferencia de magnitud (Delta M).
- La separación en segundos de arco (Rho).
- El ángulo de posición en grados (Theta).

- La fecha de observación en año decimal.

Agradecimientos

A Florent LOSSE por sus innumerables consejos, tanto sobre la técnica de medición de las dobles como por la utilización de Reduc.

A Philippe DUPOUY, director del observatorio DAX por autorizarme a "invadir" una de sus cúpulas y también por sus preciosos consejos, tanto para la instalación de los programas de comunicación como para mi aprendizaje del control remoto.

A Brian D. MASON y William I. HARTKOPF por el envío del CD-ROM del Observatorio Naval de los Estados Unidos y su precioso contenido, el catálogo WDS.

A Edgar SOULIE y Pierre DURAND por los complementos de información que me han comunicado.

A Guy MORLET por el envío de SURFACE.

A Christian LAGARDERE de la Société d'Astronomie Pays Côte Basque y a su ex-presidente Victor AGUERRE por el préstamo de la cámara Audine.

A la Sociedad PierroAstro por sus preciosos consejos (programas para el control remoto, Eq-Mod, Auto Enfocador Z. I. S., etc.).

A la Sociedad de Óptica Underlinden por su cortesía y consejos (Cámara Atik con software).

A la sociedad M42Optic por sus consejos vía Internet (cámara PL1-M).

A Laurent PERRIAT por el montaje y recorte láser del equipo de guiado. ©

Comentarios

¹ Mediante la función ASCOM compatible integrada en el programa.

² Esta versión 5.5 asegura la compatibilidad entre los diferentes drivers y sistemas instalados para llevar a cabo la toma de imágenes.

³ Programa creado por Florent LOSSE, renombrado duplicista.

⁴ En el programa Ciel.exe encontramos información procedente de otros catálogos de estrellas: Hipparcos (HIP...), Henry Draper (HD...), Tycho2 (TYC...), BSC (HR...), LTT, Gliese (GI), (Gliese-Jahreiss (Gj). Para las dobles, creé un programa bautizado modestamente como *WDS.exe*, con el WDS como catálogo principal, más todos sus catálogos asociados.

⁵ Utilizado principalmente para ajustar el tiempo de exposición de acuerdo al tipo espectral y/o la

diferencia de magnitudes aparentes de las componentes.

Referencias y bibliografía

- Carte du Ciel de Patrick CHEVALLEY: <http://www.astrosurf.com/astrope>
- CDS (Centre de Données Stellaires de Strasbourg), Catálogos accesibles vía Internet. Enlace: <http://cdsweb.u-strasbg.fr/viz-bin/qcat?>
- Christian BUIL, sitio Internet: <http://www.astrosurf.com/bui>
- Durand, P., 2009, *CCD measurements of Muller's double stars catalogue made with the 50cm refractor of the Nice Observatory*, O&T N°74
- FAY, M., WDS.exe, Programa desarrollado por el autor de este trabajo . La aplicación maneja todas las bases de datos del WDS presentes en el CD-ROM editado por el USNO
- Goutelas 2000: Étoiles Doubles : des étoiles à grandes séparations aux binaires X*, École thématique du CNRS, Goutelas (Loire), 22 au 26 mai 2000, Autores/colaboradores: Egret, D.; Halbwachs, J. L.; Hameur, J. M., Observatoire de Strasbourg, Société Française D'astronomie et D'astrophysique. Editorial: Observatoire Astronomique de Strasbourg, [Strasbourg, France], 2000
- Hartkopf, W. I. y Mason, B. D., *Sixth Catalog of Orbits of visual Binary Stars*: <http://ad.usno.navy.mil/wds/orb6.html>
- Hartkopf, W. I. y Mason, B. D., *Second Photometric Magnitude Difference Catalog*
- Hartkopf, W. I. y Mason, B. D., *WDS vs_ Tycho-2 cross reference_files*
- Losse, F., 2005, *Mesures d'étoiles doubles réalisées à l'aide de capteurs DTC de grande diffusion*, O&T N°59
- Losse, F., 2007, *Identifications et mesures d'étoiles doubles négligées (2° série)*, O&T N°67/68
- Losse, F., 2010, *Mesures d'étoiles doubles: Campagne d'observation 2009-2010*, O&T N° 75
- Losse, F., REDUC v4.6 <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>
- Mason, B. D.; Hartkopf, W. I. y Wycoff, G. L., *The Washington Double Star Catalog WDS*: <http://ad.usno.navy.mil/wds>
- Mason, B. D.; Hartkopf, W. I. y Wycoff, G. L., *The WDS_synonyms file*
- Morlet, G. y Mauroy, F., 2007, *List of calibration Pairs*, O&T N°67-68 // Nota: 32 pares de calibración (Theta, Rho y posibilidad de actualizar para una nueva fecha de observación)
- Perryman, M. [ESA], O'Flaherty, K. [ESTEC], Ochsenein, F. [CDS], 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogues*
- Sérot, J., Trégon, B., Grase, F., 2011, *Mesures d'étoiles doubles à la lunette de 50cm de Nice et au télescope de 60cm du Pic du Midi de Bigorre*, O&T N°78
- Thorel, J. C., 1991, *Système Multiples complexes*, Ciel et Terre, Vol. 107, p. 150: <http://adsabs.harvard.edu/full/1991C%26T...107..150T>
- Thorel, J. C.; Thorel, Y. y Verhas, P., 2011, *Measurements of visual doubles Stars (21è série)*, O&T, N°78

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

TABLA 3. MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS.

| WDS ID. | DESC. | Mag. A | Mag. B | Delta M | Rho (") | Theta (°) | Época Obs. |
|------------|--------------|--------|--------|---------|---------|-----------|------------|
| 00052+3020 | STF 3058 | 7,81 | 9,21 | 1,4 | 12,49 | 50,93 | 2011,737 |
| 00057+4549 | STT 547 AB | 8,98 | 9,15 | 0,17 | 7 | 186 | 2011,72 |
| 00066+2901 | STT 549 AB | 6,15 | 10,34 | 4,19 | 189,74 | 259,21 | 2011,737 |
| 00066+2901 | ENG 1 A-CD | 6,15 | 11 | 4,85 | 141,8 | 199,41 | 2011,737 |
| 00080+3123 | STTA 256 AB | 7,13 | 7,28 | 0,15 | 112,01 | 113 | 2011,737 |
| 00080+3123 | BU 1339 AC | 7,13 | 13,6 | 6,47 | 15,32 | 271,95 | 2011,737 |
| 00084+2905 | H 5 32 Aa-B | 2,22 | 11,07 | 8,85 | 89,82 | 284,1 | 2011,737 |
| 00092+5909 | AGC 15 AB | 2,3 | 13,7 | 11,4 | 66,4 | 269,2 | 2011,658 |
| 00093+5324 | ES 928 | 9,9 | 10,6 | 0,7 | 8,415 | 17,96 | 2011,72 |
| 00103+7231 | HJ 1941 AB | 11,53 | 12,1 | 0,57 | 12,76 | 185 | 2011,688 |
| 00138+7233 | BUP 2 DE | 11,49 | 12,5 | 1,01 | 26,57 | 355,7 | 2011,688 |
| 00138+7233 | BUP 2 DF | 11,49 | 9,75 | -1,74 | 190,4 | 187 | 2011,688 |
| 00138+7233 | BUP 2 AB-D | 9,25 | 11,49 | 2,24 | 233,5 | 231 | 2011,688 |
| 00150+0849 | STF 12 | 6,06 | 7,51 | 1,45 | 11,42 | 147,21 | 2011,784 |
| 00165+2918 | STF 17 AB | 8,39 | 9,83 | 1,44 | 26,56 | 29,25 | 2011,737 |
| 00184+4401 | GRB 34 AB | 8,31 | 11,04 | 2,73 | 34,118 | 64,61 | 2011,72 |
| 00184+4401 | GRB 34 AC | 8,31 | 11,83 | 3,52 | 62,2 | 170,68 | 2011,72 |
| 00201+0618 | HJ 1955 AB | 6,97 | 11,4 | 4,43 | 41,85 | 58,87 | 2011,784 |
| 00201+0618 | HJ 1955 AC | 6,97 | 11,7 | 4,73 | 60,22 | 10,39 | 2011,784 |
| 00201+0618 | HJ 1955 BC | 11,4 | 11,7 | 0,3 | 41,752 | 326,6 | 2011,784 |
| 00239+2930 | STF 28 | 6,32 | 8,55 | 2,23 | 32,73 | 223,75 | 2011,737 |
| 00324+5820 | BU 1227 AC | 7,21 | 11,2 | 3,99 | 22,42 | 80,34 | 2011,679 |
| 00324+5820 | BU 1227 AD | 7,21 | 11,7 | 4,49 | 31,22 | 114 | 2011,679 |
| 00350+5636 | ES 3 | 8,65 | 9,5 | 0,85 | 8,247 | 157,66 | 2011,699 |
| 00355+5841 | STF 38 | 8,66 | 8,97 | 0,31 | 17,1 | 144 | 2011,699 |
| 00365+5831 | BU 1096 AB-C | 8,79 | 9,74 | 0,95 | 35,86 | 240,37 | 2011,699 |
| 00400+5549 | ES 936 | 10,57 | 10,73 | 0,16 | 6,03 | 269 | 2011,751 |
| 00405+5632 | H 5 18 AD | 2,35 | 8,98 | 6,63 | 71,25 | 281,5 | 2011,751 |
| 00405+5632 | BU 1349 AC | 2,35 | 8,98 | 6,63 | 24,26 | 101 | 2011,751 |
| 00447+4817 | BU 231 AB | 4,54 | 11,2 | 6,66 | 34,38 | 301,64 | 2011,72 |
| 00460+5543 | STI 1426 | 10,93 | 12,1 | 1,17 | 11,97 | 329,93 | 2011,751 |
| 00491+5749 | STF 60 FG | 11,75 | 9,53 | -2,22 | 107,2 | 188,1 | 2011,688 |
| 00487+0735 | BUP 11 | 4,43 | 13,2 | 8,77 | 135 | 11,5 | 2011,784 |
| 00491+5749 | STF 60 AC | 7,25 | 12,2 | 4,95 | 237,57 | 261,95 | 2011,688 |
| 00491+5749 | STF 60 AE | 3,52 | 10,15 | 6,63 | 79,9 | 124,4 | 2011,688 |
| 00491+5749 | STF 60 AD | 3,52 | 11,6 | 8,08 | 189,44 | 354 | 2011,72 |
| 00491+5749 | STF 60 AF | 3,52 | 11,75 | 8,23 | 241,38 | 259,57 | 2011,72 |
| 00491+5749 | STF 60 BC | 7,36 | 11,4 | 4,04 | 240,23 | 261 | 2011,72 |
| 00515+5630 | DAL 11 | 8,17 | 11,29 | 3,12 | 41,2 | 231,7 | 2011,679 |
| 00538+5242 | STF 70 AB | 6,33 | 9,49 | 3,16 | 8,04 | 247,75 | 2011,72 |
| 00538+5242 | STF 70 AC | 6,33 | 11,04 | 4,71 | 74,03 | 152,55 | 2011,72 |
| 00546+3910 | STF 72 | 8,38 | 9,31 | 0,93 | 23,69 | 172,67 | 2011,699 |
| 00568+3830 | HJ 1057 AB | 3,87 | 12,9 | 9,03 | 52,24 | 297 | 2011,699 |
| 00568+3830 | HJ 1057 AC | 3,87 | 11,4 | 7,53 | 27,456 | 148 | 2011,699 |
| 00568+3830 | HJ 1057 AD | 3,87 | 11,4 | 7,53 | 262,7 | 38,05 | 2011,699 |
| 00598+0629 | KUI 4 | 6,3 | 13,4 | 7,1 | 30 | 313 | 2011,784 |
| 01001+4443 | STF 79 | 6,04 | 6,77 | 0,73 | 7,89 | 193,15 | 2011,72 |
| 01038+0122 | STF 84 AB | 6,11 | 9,52 | 3,41 | 15,9 | 253,2 | 2011,784 |
| 01058+0455 | STF 90 AB | 6,39 | 7,26 | 0,91 | 32,95 | 84,2 | 2011,784 |
| 01058+0455 | STF 90 AC | 6,39 | 13,15 | 6,76 | 157 | 290,055 | 2011,784 |
| 01072+5330 | H 4 66 AB | 6,5 | 10,1 | 3,6 | 20,516 | 73,59 | 2011,72 |
| 01072+5330 | H 4 66 AC | 6,47 | 11,45 | 4,98 | 197,7 | 122,5 | 2011,751 |
| 01111+5509 | STT 553 | 4,34 | 11,31 | 6,97 | 130,06 | 141,7 | 2011,751 |
| 01246+5311 | ES 2583 | 8,36 | 9,27 | 0,91 | 26,387 | 343,8 | 2011,751 |
| 01344+1253 | AG 21 | 10,07 | 11,6 | 1,53 | 8,3 | 98,33 | 2011,784 |
| 01349+1234 | STF 136 AB | 7,33 | 8,33 | 1 | 15,349 | 77,27 | 2011,784 |
| 01349+1234 | STF 136 AD | 7,33 | 8,33 | 1 | 124,03 | 7,94 | 2011,784 |
| 01443+0929 | STF 155 AB | 7,87 | 8,01 | 0,14 | 5,81 | 309 | 2011,751 |
| 01579+2336 | H 5 12 AB | 4,8 | 6,65 | 1,85 | 37,4 | 46,1 | 2011,877 |
| 02067+1029 | HJ 21 | 7,7 | 12,5 | 4,8 | 26,3 | 12,64 | 2011,91 |
| 02245-0145 | STF 265 | 9,14 | 9,57 | 0,43 | 12,2 | 136,68 | 2011,885 |
| 02249-0207 | STF 266 | 9,1 | 9,25 | 0,15 | 7,85 | 267,74 | 2011,877 |
| 02268+1034 | STTA 27 AB | 6,72 | 8,31 | 1,59 | 74,12 | 31,3 | 2011,855 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| WDS ID. | DESC. | Mag. A | Mag. B | Delta M | Rho (") | Theta (°) | Época Obs. |
|------------|--------------|--------|--------|---------|---------|-----------|------------|
| 02268+1034 | STTA 27 AC | 6,72 | 11,76 | 5,04 | 60,28 | 155 | 2011,816 |
| 02390+0855 | STTA 30 | 7,68 | 9,57 | 1,89 | 68,6 | 214 | 2011,855 |
| 02393-0154 | STF 290 AB | 8,56 | 10,45 | 1,89 | 9,97 | 220,9 | 2011,885 |
| 02425-0119 | BAL 279 AB | 10,07 | 10,24 | 0,17 | 6,09 | 42,66 | 2011,885 |
| 02476+1014 | HJ 655 | 9,13 | 10,31 | 1,18 | 23,7 | 308,92 | 2011,855 |
| 02493+1728 | STF 311 AC | 5,32 | 7,95 | 2,63 | 24,85 | 110,38 | 2011,816 |
| 02497+1209 | AG 54 A-Bb | 9,59 | 9,75 | 0,16 | 29,6 | 1,56 | 2011,816 |
| 02499+0856 | STF 313 | 9,51 | 9,67 | 0,16 | 5,68 | 193,5 | 2011,855 |
| 02517+2302 | BUP 35 EF | 10,92 | 13,89 | 2,97 | 157,27 | 218,72 | 2011,816 |
| 02517+2302 | BUP 35 EG | 10,92 | 13,68 | 2,76 | 214,1 | 250,4 | 2011,816 |
| 02517+2302 | BUP 35 DE | 12,62 | 10,92 | -1,7 | 99,95 | 289,86 | 2011,816 |
| 02517+2302 | PUI 1 AB | 11,94 | 14,61 | 2,67 | 97,113 | 176 | 2011,816 |
| 02517+2302 | PUI 1 AC | 11,94 | 14,47 | 2,53 | 100,312 | 110,82 | 2011,816 |
| 02517+2302 | PUI 1 AD | 11,94 | 14,61 | 2,67 | 160,572 | 301 | 2011,816 |
| 02529+1040 | AG 56 | 9,6 | 9,7 | 0,1 | 7,42 | 286 | 2011,816 |
| 02535+1219 | AG 57 | 9,89 | 11,53 | 1,64 | 16,97 | 345,8 | 2011,816 |
| 02544+0946 | A 2341 AD | 9,7 | 10,65 | 0,95 | 126,71 | 307,88 | 2011,855 |
| 02544+0946 | HJ 658 A-BC | 9,7 | 11,18 | 1,48 | 18,313 | 23,93 | 2011,855 |
| 02554+1617 | HEI 24 | 10,39 | 11,6 | 1,21 | 5,482 | 196 | 2011,816 |
| 02572-0034 | STF 330 | 7,25 | 9,06 | 1,81 | 8,59 | 192,44 | 2011,885 |
| 02575+1420 | AG 59 | 9,65 | 10,41 | 0,76 | 28,25 | 89,76 | 2011,816 |
| 03018+1051 | STF 338 | 9,2 | 9,49 | 0,29 | 19,745 | 201,22 | 2011,855 |
| 03092+0728 | STFA 6 | 7,62 | 7,84 | 0,22 | 80,646 | 162,66 | 2011,855 |
| 03143+2057 | HJ 2178 | 9,8 | 10,6 | 0,8 | 17,7 | 213,61 | 2011,816 |
| 03282+0409 | A 2417 A-BC | 8,74 | 9,71 | 0,97 | 72,8 | 57,54 | 2011,896 |
| 03308+0509 | STF 406 | 7,56 | 9,33 | 1,77 | 9,11 | 127 | 2011,896 |
| 03322+1133 | AG 68 | 6,79 | 9,87 | 3,08 | 16,84 | 248,23 | 2011,855 |
| 03334+2322 | STT 57 AC | 7,17 | 7,67 | 0,5 | 68,93 | 33,53 | 2011,816 |
| 03334+2322 | STT 57 CD | 7,67 | 12 | 4,33 | 8,6 | 320,72 | 2011,816 |
| 03368+0035 | STF 422 | 6 | 8,9 | 2,9 | 6,8 | 272,9 | 2011,885 |
| 03405+0508 | STF 430 AB | 6,77 | 9,63 | 2,86 | 26,6 | 56,1 | 2011,896 |
| 03405+0508 | STF 430 AC | 6,77 | 10,5 | 3,73 | 34,42 | 298,5 | 2011,896 |
| 03457+0603 | HJ 2204 | 5,39 | 12,66 | 7,27 | 65,57 | 63,81 | 2011,896 |
| 03483+1109 | STF 452 | 5,06 | 9,77 | 4,71 | 10,5 | 56 | 2011,877 |
| 03504+7120 | HJ 2200 AB | 4,63 | 12,4 | 7,77 | 56,25 | 247 | 2011,751 |
| 03504+7120 | HJ 2200 AC | 4,63 | 9,07 | 4,44 | 107,27 | 85,6 | 2011,751 |
| 03517+7030 | HJ 1139 | 7,52 | 9,61 | 2,09 | 47,5 | 177,07 | 2011,751 |
| 03521-0109 | ENG 15 | 6,76 | 10,24 | 3,48 | 97,8 | 155 | 2011,885 |
| 03545+0510 | STTA 41 A-BC | 7,46 | 8,93 | 1,47 | 60 | 357,7 | 2011,896 |
| 03548+0446 | BAL 2611 | 10,69 | 11,9 | 1,21 | 11,43 | 129,48 | 2011,896 |
| 03565+0509 | BAL 2612 AB | 11,94 | 12,11 | 0,17 | 23,762 | 135,67 | 2011,896 |
| 03571+6931 | STF 455 AB | 8,56 | 9,16 | 0,6 | 12,14 | 167,93 | 2011,751 |
| 03571+6931 | STF 455 AD | 8,56 | 12,4 | 3,84 | 97,9 | 211,87 | 2011,751 |
| 03579+0938 | STF 473 | 9,53 | 11,23 | 1,7 | 16,95 | 94,16 | 2011,855 |
| 04067+6221 | CTT 7 | 8,08 | 9,47 | 1,39 | 44,58 | 216,78 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 GH | 9,63 | 10,5 | 0,87 | 5,66 | 130,76 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 GI | 9,63 | 9,81 | 0,18 | 22,72 | 336,2 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 HI | 10,5 | 9,81 | -0,69 | 28,502 | 329 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 EH | 6,94 | 10,5 | 3,56 | 48,82 | 246 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 EI | 6,94 | 9,81 | 2,87 | 54,3 | 270,7 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 EB | 6,94 | 12,9 | 5,96 | 14,74 | 93,69 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 EC | 6,94 | 13,5 | 6,56 | 14,705 | 86,27 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 EF | 6,94 | 11,7 | 4,76 | 18,62 | 334 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 AC | 6,91 | 13,5 | 6,59 | 11,05 | 359 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 AH | 6,91 | 10,5 | 3,59 | 56,932 | 255,89 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 AE | 6,91 | 6,94 | 0,03 | 17,91 | 305,24 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 AG | 6,91 | 9,63 | 2,72 | 60,02 | 260,6 | 2011,751 |
| 04078+6220 | HZG 2 AN | 6,91 | 9,62 | 2,71 | 116,09 | 206 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 AL | 6,91 | 10,4 | 3,49 | 98,328 | 71,28 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 AO | 6,91 | 9,4 | 2,49 | 138,9 | 77,65 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 484 AI | 6,91 | 9,81 | 2,9 | 69,9 | 278,9 | 2011,751 |
| 04078+6220 | STF 485 AF | 6,91 | 11,7 | 4,79 | 36,225 | 320,04 | 2011,751 |
| 04078+6220 | HLM 3 LM | 10,4 | 11,4 | 1 | 5,6 | 217 | 2011,751 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| WDS ID. | DESC. | Mag. A | Mag. B | Delta M | Rho (") | Theta (°) | Época Obs. |
|------------|---------------|--------|--------|---------|---------|-----------|------------|
| 04078+6220 | HZG 2 LO | 10,4 | 9,4 | -1 | 42,23 | 62,36 | 2011,751 |
| 04078+6220 | HZG 2 OP | 9,4 | 13 | 3,6 | 16,85 | 229,5 | 2011,751 |
| 04113+0531 | ENG 18 | 5,74 | 10,94 | 5,2 | 112,74 | 36,58 | 2011,896 |
| 04135+0853 | BU 1278 AC | 6,51 | 13,6 | 7,09 | 54,27 | 258,77 | 2011,896 |
| 04153-0739 | STF 518 A-BC | 4,51 | 9,7 | 5,19 | 83,49 | 103,74 | 2011,885 |
| 04153-0739 | STF 518 AC | 4,51 | 11,47 | 6,96 | 81,294 | 79,37 | 2011,885 |
| 04153-0739 | STF 518 BC | 10,02 | 11,47 | 1,45 | 8,05 | 332,23 | 2011,885 |
| 04155+0611 | STTA 45 AB | 6,38 | 7,01 | 0,63 | 64,84 | 315,31 | 2011,896 |
| 04155+0611 | H 6 98 AC | 6,38 | 9,33 | 2,95 | 234,42 | 47,71 | 2011,896 |
| 04155+0611 | STU 18 CE | 9,33 | 10,08 | 0,75 | 64,78 | 156,54 | 2011,896 |
| 04155+0611 | H 6 98 CD | 9,33 | 10,2 | 0,87 | 64,846 | 315,31 | 2011,896 |
| 04182+6155 | STF 509 AB | 7,67 | 11,46 | 3,79 | 13,16 | 21,14 | 2011,751 |
| 04182+6155 | STF 509 AC | 7,67 | 9,65 | 1,98 | 37,96 | 247,6 | 2011,751 |
| 04192+6135 | STF 513 AB-C | 7,94 | 10,49 | 2,55 | 5,3 | 60,05 | 2011,751 |
| 04200+1402 | BUP 53 | 5,6 | 13,5 | 7,9 | 34,41 | 358,67 | 2011,896 |
| 04240+2418 | STF 534 BC | 7,94 | 13,1 | 5,16 | 111,04 | 337,8 | 2011,751 |
| 04240+2418 | STF 534 AB | 6,36 | 7,94 | 1,58 | 29,1 | 290,5 | 2011,751 |
| 04359+1631 | STBF 2 AC | 0,85 | 11,3 | 10,45 | 129,53 | 32 | 2011,91 |
| 04360-0337 | STF 571 AB | 6,33 | 10,72 | 4,39 | 17,9 | 259,2 | 2011,885 |
| 04486+1748 | STF 598 | 8,1 | 9,96 | 1,86 | 9,293 | 317,62 | 2011,91 |
| 04514+1850 | BUP 70 | 5,12 | 10,57 | 5,45 | 181,49 | 301,5 | 2011,91 |
| 04557+2211 | LAR 1 | 9,27 | 10,91 | 1,64 | 15,187 | 212,89 | 2011,91 |
| 04561+2235 | LDS 6146 | 7,31 | 14,45 | 7,14 | 49,93 | 137 | 2011,91 |
| 04572+2030 | HJ 2245 | 9,57 | 11,4 | 1,83 | 27,08 | 191,2 | 2011,91 |
| 05040+2345 | POU 518 | 10,9 | 12,5 | 1,6 | 17,69 | 81,43 | 2011,91 |
| 05078-0505 | BUP 74 | 2,79 | 10,9 | 8,11 | 118,275 | 137,9 | 2011,885 |
| 05193-1045 | STF 688 | 7,52 | 7,55 | 0,03 | 10,63 | 93,28 | 2011,885 |
| 05233-0825 | STF 701 | 6,13 | 8,09 | 1,96 | 6,04 | 141 | 2011,885 |
| 05287-0823 | HJ 2268 | 6,84 | 10,24 | 3,4 | 26,163 | 302,18 | 2011,885 |
| 05320-0018 | STFA 14 Aa-C | 2,41 | 6,83 | 4,42 | 53 | 359,4 | 2011,751 |
| 05459+2555 | STT 116 AC | 7,27 | 12,9 | 5,63 | 17,89 | 65 | 2011,91 |
| 05459+2555 | STT 116 AR | 7,27 | 13,2 | 5,93 | 31,93 | 72,68 | 2011,91 |
| 05510+2758 | BU 1054 | 5,56 | 11,6 | 6,04 | 11,311 | 233,49 | 2011,91 |
| 06064+2931 | STT 129 | 6,24 | 10,49 | 4,25 | 9,1 | 209,11 | 2011,91 |
| 06163+3005 | STF 879 | 6,8 | 12,8 | 6 | 7,7 | 70,36 | 2011,91 |
| 06219+2731 | HJ 386 AB | 9,72 | 10,48 | 0,76 | 20,65 | 65,5 | 2011,91 |
| 06219+2731 | HJ 386 AC | 9,72 | 9,63 | -0,09 | 57 | 165,41 | 2011,91 |
| 06219+2731 | ABH 43 AD | 9,76 | 13,09 | 3,33 | 55,87 | 163,26 | 2011,91 |
| 06219+2731 | ABH 43 AE | 9,76 | 12,48 | 2,72 | 65,6 | 121,5 | 2011,91 |
| 06219+2731 | ABH 43 AF | 9,76 | 13,14 | 3,38 | 35,5 | 260,36 | 2011,91 |
| 10160+1200 | HJ 156 AC | 12,8 | 12,6 | -0,2 | 19,45 | 282,4 | 2011,784 |
| 13239+5456 | STF 1744 AB | 2,23 | 3,88 | 1,65 | 14,728 | 154 | 2011,4 |
| 18362+3858 | ES 2571 | 10,5 | 10,7 | 0,2 | 6,7 | 69,7 | 2011,663 |
| 18366+3859 | MLB 755 | 12,93 | 13,02 | 0,09 | 7,43 | 88,38 | 2011,663 |
| 18369+3846 | H 5 39 AB | 0,09 | 9,5 | 9,41 | 79,12 | 183,564 | 2011,663 |
| 18369+3846 | STFB 9 AE | 0,09 | 9,5 | 9,41 | 86,09 | 38,03 | 2011,663 |
| 19220+2230 | BU 141 CD | 11,7 | 12,9 | 1,2 | 48,29 | 202,37 | 2011,72 |
| 19307+2758 | STFA 43 Aa-B | 3,19 | 4,68 | 1,49 | 34,78 | 53,77 | 2011,66 |
| 19379+1922 | STF 2552 | 8,49 | 9,11 | 0,62 | 5,1 | 196,35 | 2011,663 |
| 19428+0823 | STF 2562 BC | 8,69 | 12,3 | 3,61 | 62,46 | 306 | 2011,663 |
| 19428+0823 | STF 2562 BD | 8,69 | 9,89 | 1,2 | 96,4 | 211,8 | 2011,663 |
| 19428+0823 | STF 2562 AB | 6,95 | 8,69 | 1,74 | 27,18 | 251,78 | 2011,663 |
| 19428+0823 | STF 2562 AD | 6,95 | 9,89 | 2,94 | 117 | 222 | 2011,663 |
| 19428+0823 | STF 2562 AC | 6,95 | 8,69 | 1,74 | 81,8 | 289,11 | 2011,663 |
| 19508+0852 | STFB 10 AC | 0,95 | 10,3 | 9,35 | 192 | 107,4 | 2011,67 |
| 19508+0852 | STFB 10 AB | 0,95 | 9,82 | 8,87 | 196,22 | 284,52 | 2011,67 |
| 20375+1436 | LBZ 1 AB-E | 3,68 | 11,63 | 7,95 | 112,197 | 271,1 | 2011,679 |
| 20375+1436 | HJ 5545 AB-C | 3,68 | 13,1 | 9,42 | 12,107 | 138,77 | 2011,679 |
| 20375+1436 | STF 2704 AB-D | 3,68 | 11,4 | 7,72 | 46,7 | 318,4 | 2011,679 |
| 21442+0953 | S 798 AC | 2,53 | 8,74 | 6,21 | 146,97 | 313,68 | 2011,699 |
| 21442+0953 | S 798 AB | 7,27 | 9,49 | 2,22 | 86,59 | 319,69 | 2011,699 |
| 22359+3938 | COM 8 BF | 6,29 | 10,97 | 4,68 | 131,29 | 176,14 | 2011,679 |
| 22359+3938 | A 1469 BD | 6,29 | 9,08 | 2,79 | 67,18 | 132,9 | 2011,679 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| WDS ID. | DESC. | Mag. A | Mag. B | Delta M | Rho (") | Theta (°) | Época Obs. |
|------------|---------------|--------|--------|---------|---------|-----------|------------|
| 22359+3938 | STF 2922 BC | 6,29 | 10,3 | 4,01 | 27,37 | 159,57 | 2011,679 |
| 22359+3938 | A 1469 Aa-C | 5,66 | 10,38 | 4,72 | 48,9 | 168,53 | 2011,679 |
| 22359+3938 | A 1469 Aa-D | 5,66 | 9,08 | 3,42 | 82 | 144,31 | 2011,679 |
| 22359+3938 | A 1469 Aa-E | 5,66 | 7,25 | 1,59 | 337,8 | 239 | 2011,679 |
| 22359+3938 | STF 2922 Aa-B | 5,66 | 6,29 | 0,63 | 22,426 | 185,68 | 2011,679 |
| 22395+0710 | STF 2930 | 9,06 | 10,39 | 1,33 | 21,33 | 77,6 | 2011,784 |
| 23038+2805 | HJ 1842 AB | 2,65 | 12 | 9,35 | 126,22 | 213,73 | 2011,688 |
| 23038+2805 | HJ 1842 AC | 2,65 | 10,54 | 7,89 | 240,71 | 99,9 | 2011,688 |
| 23078+1240 | BU 1025 AC | 7,77 | 11,7 | 3,93 | 21,487 | 78,43 | 2011,784 |
| 23097+1512 | STF 2983 | 9,1 | 11,24 | 2,14 | 38,9 | 270,08 | 2011,784 |
| 23100+1426 | STF 2986 | 6,61 | 8,88 | 2,27 | 31,32 | 269,97 | 2011,784 |
| 23100+4758 | STF 2985 AB | 7,21 | 8,02 | 0,81 | 15,85 | 256,58 | 2011,679 |
| 23232+1226 | BU 1529 AC | 8,88 | 9 | 0,12 | 117,7 | 257,2 | 2011,784 |
| 23232+1226 | HJ 3188 AB | 8,88 | 11,57 | 2,69 | 21,89 | 253 | 2011,784 |
| 23279+1108 | STF 3014 | 8,39 | 10,44 | 2,05 | 8,05 | 277,32 | 2011,784 |
| 23376+4627 | STT 600 AB | 3,96 | 13,4 | 9,44 | 22,21 | 54,4 | 2011,72 |
| 23376+4627 | STT 600 AC | 3,96 | 11,34 | 7,38 | 213,82 | 72 | 2011,72 |
| 23376+4627 | BUP 238 CD | 11,34 | 12,3 | 0,96 | 65,678 | 160,31 | 2011,679 |
| 23379+1824 | KUI 117 | 5,4 | 11,6 | 6,2 | 27,47 | 245,28 | 2011,688 |
| 23384+4231 | BU 722 AC | 6,8 | 11,3 | 4,5 | 39,47 | 218,07 | 2011,72 |
| 23384+4231 | BU 722 AD | 6,8 | 10,9 | 4,1 | 47,69 | 247,75 | 2011,72 |

TABLA 4. NOTAS DE LOS PARES OBSERVADOS.

| NOMBRE | WDS | NOTAS |
|--------------|------------|--|
| STF 3058 | 00052+3020 | A es HIP 423 * b-v = 0,437 |
| STT 547 AB | 00057+4549 | A es HIP 473 * Reducido con QuadPx REDUC * b-v = 1,41 |
| STT 549 AB | 00066+2901 | A es HIP 544 / Gliese 5 A * B es TYC 1735-00937 |
| ENG 1 A-CD | 00066+2901 | A es HIP 544 / Var 0439 And * CD es BU 1338 CD |
| STTA 256 AB | 00080+3123 | A es HIP 652 * B es HIP 659 * + nueva doble |
| BU 1339 AC | 00080+3123 | A es HIP 652 mV 7,12 |
| H 5 32 Aa-B | 00084+2905 | A es Alp And, Alpheratz; Bin. Espec. |
| AGC 15 AB | 00092+5909 | A es CAPH / Bet Cas * B puede ser TYC3664-00453-1 |
| ES 928 | 00093+5324 | TYC 3652-00943-1 y TYC 3652-00943-2 |
| HJ 1941 AB | 00103+7231 | A es TYC 4302-00505-1 mV11,53 * b-v 1.12 * Sistema cuádruple |
| BUP 2 DE | 00138+7233 | MLR 282 es D ahora, sistema triple |
| BUP 2 DF | 00138+7233 | F es TYC 4302-00361-1 probable * no puede ser otra estrella! |
| BUP 2 AB-D | 00138+7233 | D es TYC 4302-00639-1 Sistema con 5 dobles |
| STF 12 | 00150+0849 | A es 35 Psc. UU Psc, También conocida como CHE 2 |
| STF 17 AB | 00165+2918 | A es HIP 111 133 * B TYC1736-01866-1 / Doble BU 457 BC |
| GRB 34 AB | 00184+4401 | A es variable GX y * GI 15 A * B es Var.: CQ And |
| GRB 34 AC | 00184+4401 | A es HIP 1475 * AC: Movimiento propio de C -033-019: es óptica |
| HJ 1955 AB | 00201+0618 | A es HIP 1602 * A es HJ 1955 BC |
| HJ 1955 AC | 00201+0618 | A es ADS 9842 |
| HJ 1955 BC | 00201+0618 | B es TYC 0009-01184-1 |
| STF 28 | 00239+2930 | A es HIP 1891 * B es BD+28 55 / TYC1737-01194-1 |
| BU 1227 AC | 00324+5820 | A es HIP 2543 |
| BU 1227 AD | 00324+5820 | A es HIP 2543 |
| ES 3 | 00350+5636 | A es HD 3124 / BDS 326 idéntica |
| STF 38 | 00355+5841 | A es HIP 2778 * Arquetipo para medir una estrella doble |
| BU 1096 AB-C | 00365+5831 | A es TYC 3666-01096-1 mV8,64 * B es TYC 3666-01600-1 |
| ES 936 | 00400+5549 | A es TYC 3659-02165-1 |
| H 5 18 AD | 00405+5632 | A es HIP 3179 / SCHEDIR * También HJ 1993 |
| BU 1349 AC | 00405+5632 | A es Alp Cas / SHEDIR * b-v = 0,485 |
| BU 231 AB | 00447+4817 | A es 22 Omi Cas * Bin. Espec, P = 1033 d. |
| STI 1426 | 00460+5543 | A es TYC 3659-01767-1 * B es TYC 3659-02047-1 |
| STF 60 FG | 00491+5749 | F es TYC 3663-01096-1 * G es TYC 3663-01484-1 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. NOTAS DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| NOMBRE | WDS | NOTAS |
|--------------|------------|--|
| BUP 11 | 00487+0735 | 63 Delta Psc |
| STF 60 AC | 00491+5749 | A es 24 Eta1 Cas / ACHIRD |
| STF 60 AE | 00491+5749 | A es 24 Eta1 Cas * E es TYC 3663-01792-1 |
| STF 60 AD | 00491+5749 | D es TYC 3663-01962-1 * Masa oficial de GSU |
| STF 60 AF | 00491+5749 | A es 24 Eta1 Cas |
| STF 60 BC | 00491+5749 | A es 24 Eta1 Cas |
| DAL 11 | 00515+5630 | A es HIP 4016 |
| STF 70 AB | 00538+5242 | A es HIP 4212 * b-v = 0,191 * BDS 2709, H I 75 son la misma |
| STF 70 AC | 00538+5242 | A es HIP 4212 * BDS 2709, H I 75 son la misma |
| STF 72 | 00546+3910 | A es HIP 4268 * B es HIP 4269 |
| HJ 1057 AB | 00568+3830 | A es 37 Mu And / HIP4436 * B es TYC 2798-01355-1. Coord. imprecisa de B |
| HJ 1057 AC | 00568+3830 | A es 37 Mu And |
| HJ 1057 AD | 00568+3830 | A es 37 mu And * D es TYC 2798-00502-1 |
| KUI 4 | 00598+0629 | A es HIP 4655 * Var WW Psc. * b-v = 1,654 |
| STF 79 | 01001+4443 | A es HIP 4675 * b-v = -0,01 |
| STF 84 AB | 01038+0122 | A es HIP 4979 / 26 Cet * b-v = 0,271 |
| STF 90 AB | 01058+0455 | A es 77 Psc. / HIP 5141 * B es HIP 5144 |
| STF 90 AC | 01058+0455 | A es 77 Psc / HIP 5141 |
| H 4 66 AB | 01072+5330 | A es HIP 5251 |
| H 4 66 AC | 01072+5330 | A es HIP 5251 |
| STT 553 | 01111+5509 | A es 33 Cas / Bin. espec. B es óptica * b-v = 0,17 |
| ES 2583 | 01246+5311 | A es HIP 6583 K2 * B es BD+52 332 |
| AG 21 | 01344+1253 | A es ADS 1229 A |
| STF 136 AB | 01349+1234 | A es 100 Psc* Doble de calibración para Reduc |
| STF 136 AD | 01349+1234 | A es HIP 7367 * Espectro A6 V |
| STF 155 AB | 01443+0929 | A es HIP 8110 * b-v = 0,0 |
| H 5 12 AB | 01579+2336 | A es Lam Ari* Variable tipo Beta Lyr y binaria espectroscópica |
| HJ 21 | 02067+1029 | A es HIP 9842 * Idéntica a HJ 2134, 4 min. W |
| STF 265 | 02245-0145 | A es HIP 11227 |
| STF 266 | 02249-0207 | A es HIP 11257 * B es TYC 4691-01119-1 |
| STTA 27 AB | 02268+1034 | A es HIP 11390, VW Ari *A variable tipo Delta Scuti |
| STTA 27 AC | 02268+1034 | A es HIP 11 390 |
| STTA 30 | 02390+0855 | A es HIP 12348 * B es TYC 0639-00228-1 * Óptica |
| STF 290 AB | 02393-0154 | A es HIP 12 376 |
| BAL 279 AB | 02425-0119 | A es HIP 12644 |
| HJ 655 | 02476+1014 | A es HIP 13 043 |
| STF 311 AC | 02493+1728 | A es HIP 13165 / 42 Pi Ari |
| AG 54 A-Bb | 02497+1209 | A es HD 17 585 |
| STF 313 | 02499+0856 | A es HIP 13199 |
| BUP 35 EF | 02517+2302 | E es TYC 1781-00993-1 * Frames Reda con REDUC |
| BUP 35 EG | 02517+2302 | A es TYC 1781-00993-1 |
| BUP 35 DE | 02517+2302 | A es TYC 1781-00993-1 |
| PUI 1 AB | 02517+2302 | A es HIP 102 618 |
| PUI 1 AC | 02517+2302 | A es TYC 1781-01047-1 |
| PUI 1 AD | 02517+2302 | A es TYC 1781-00993-1 |
| AG 56 | 02529+1040 | A es TYC 0643-00622-1 / VW Ari, A variable tipo Delta Scuti |
| AG 57 | 02535+1219 | A es TYC 0643-00381-1 |
| A 2341 AD | 02544+0946 | A es HIP 13543 |
| HJ 658 A-BC | 02544+0946 | A es HIP 13543 |
| HEI 24 | 02554+1617 | A es TYC 1224-00646-1 |
| STF 330 | 02572-0034 | A es HIP 13 766 * b-v = 0,908 |
| AG 59 | 02575+1420 | A es TYC 0647-00442-1 |
| STF 338 | 03018+1051 | A es TYC 0644-00748-1 |
| STFA 6 | 03092+0728 | A es HIP 14 640 * STTA 32 |
| HJ 2178 | 03143+2057 | |
| A 2417 A-BC | 03282+0409 | B es Var 1221 Tau |
| STF 406 | 03308+0509 | A es HIP 16 363 * b-v = 0,436 |
| AG 68 | 03322+1133 | A es HIP 16478 |
| STT 57 AC | 03334+2322 | A es TYC 1798-00480-1 |
| STT 57 CD | 03334+2322 | C es TYC 1798-01091-1 |
| STF 422 | 03368+0035 | A es HIP 16846 * B es ADS 2644 B * Var. tipo RS CVn, V711 Tau/ Bin. Espec. |
| STF 430 AB | 03405+0508 | A es HIP 17 155 |
| STF 430 AC | 03405+0508 | A es HIP 17 155 |
| HJ 2204 | 03457+0603 | A es 29 Tau * HIP 17 563 |
| STF 452 | 03483+1109 | A es HIP 17771 / 30 Tau |
| HJ 2200 AB | 03504+7120 | A es Gamma Cam |
| HJ 2200 AC | 03504+7120 | A es Gamma Cam |
| HJ 1139 | 03517+7030 | A es HIP 18070 |
| ENG 15 | 03521-0109 | A es HIP 18 104 |
| STTA 41 A-BC | 03545+0510 | A es HIP 18 265 / Var. 479 Tau * BC es A 1831 BC |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. NOTAS DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| NOMBRE | WDS | NOTAS |
|--------------|------------|---|
| BAL 2611 | 03548+0446 | A es TYC 0069-00393-1 |
| BAL 2612 AB | 03565+0509 | A es TYC 0072-00128-1 |
| STF 455 AB | 03571+6931 | A es HIP 13767 |
| STF 455 AD | 03571+6931 | A es HIP 13767 / Solo tres observaciones |
| STF 473 | 03579+0938 | A es HIP 18 539 |
| CTT 7 | 04067+6221 | A es TYC 4068-01436-1 |
| STF 484 GH | 04078+6220 | G es TYC 4068-01192-1 |
| STF 484 GI | 04078+6220 | G es TYC 4068-01192-1 |
| STF 484 HI | 04078+6220 | |
| STF 484 EH | 04078+6220 | |
| STF 484 EI | 04078+6220 | E es HIP 19270 * I es TYC 4068-01370-1 mV 9,77 |
| STF 485 EB | 04078+6220 | E es HIP 19270 * Solo dos observaciones |
| STF 485 EC | 04078+6220 | E es HIP 19270 / Sistema tipo Beta Lyrae, SZ Cam, P = 2,7d. |
| STF 485 EF | 04078+6220 | |
| STF 485 AC | 04078+6220 | A es HIP 19 272 * B es Hip19270 * BO V |
| STF 484 AH | 04078+6220 | A es HIP 19272 * b-v = 0,672 |
| STF 485 AE | 04078+6220 | A es HIP 19272 * E es HIP19270 * CD igual a 484 AC |
| STF 484 AG | 04078+6220 | A es HIP 19272 * STF 484 CE igual a 484 AB |
| HZG 2 AN | 04078+6220 | A es HIP 272 * N es TYC 4068-01408-1 |
| STF 485 AL | 04078+6220 | A es HIP 19272 * L es HLM 3 |
| STF 485 AO | 04078+6220 | A es HIP 19 272 * O es HZG 2 OP |
| STF 484 AI | 04078+6220 | A es HIP 19 272 * I es STF 484 HI |
| STF 485 AF | 04078+6220 | A es HIP 19272 * F es WSI 20 AQ |
| HLM 3 LM | 04078+6220 | |
| HZG 2 LO | 04078+6220 | O es TYC 4068-01127-1 |
| HZG 2 OP | 04078+6220 | A es TYC 4068-01127-1 |
| ENG 18 | 04113+0531 | A es 45 Tau / HIP 19554 |
| BU 1278 AC | 04135+0853 | A es HIP 19718 |
| STF 518 A-BC | 04153-0739 | A es KEID / GI 166 A / 40 Omi2 Eri |
| STF 518 AC | 04153-0739 | A es 40 Eri * C es var. DY Eri. Masa oficial de GSU * Igual a LDS 114 |
| STF 518 BC | 04153-0739 | C es DY Eri / GI 166 C * Masa oficial de GSU |
| STTA 45 AB | 04155+0611 | A es HIP 19 859 |
| H 6 98 AC | 04155+0611 | A es HIP 19 859 / Var 774 Tau |
| STU 18 CE | 04155+0611 | A es HIP 19 855 |
| H 6 98 CD | 04155+0611 | C es TYC 0080-00364-1 |
| STF 509 AB | 04182+6155 | A es HIP 20066 * B es TYC 4069-00984-2 |
| STF 509 AC | 04182+6155 | A es HIP 20066 * C es TYC 4069-00945-1 |
| STF 513 AB-C | 04192+6135 | A es HIP 20157 * Igual a STF 507 |
| BUP 53 | 04200+1402 | HIP 202198 / 57 Tau |
| STF 534 BC | 04240+2418 | B es HIP 20531 / 20 Tau |
| STF 534 AB | 04240+2418 | A es 20 Tau / HIP 20533 * B es HIP 20531 |
| STBF 2 AC | 04359+1631 | A es Alp Tau , ALDEBARAN |
| STF 571 AB | 04360-0337 | A es HIP 21428 * B7 III |
| STF 598 | 04486+1748 | A es TYC 1284-00578-1 * mV 8,06 * F2 |
| BUP 70 | 04514+1850 | A es HD 30780 , 97 Tau |
| LAR 1 | 04557+2211 | A es TYC 1292-01313-1 |
| LDS 6146 | 04561+2235 | A es HIP 22 935 |
| HJ 2245 | 04572+2030 | A es TYC 1289-01039-1 |
| POU 518 | 05040+2345 | A es TYC 1845-02730-1 |
| BUP 74 | 05078-0505 | A es CURSA , 67 Beta Eri |
| STF 688 | 05193-1045 | A es TYC 5335-01378-1 |
| STF 701 | 05233-0825 | A es HIP 25187 * B8 III |
| HJ 2268 | 05287-0823 | A es HIP 25646 * Igual a STF 722 |
| STFA 14 Aa-C | 05320-0018 | A es 34 Ori / Del Ori / MINTAKA |
| STT 116 AC | 05459+2555 | C es TYC 1866-02599-1 mV 8,32 * A es TYC 1866-02597-1 |
| STT 116 AR | 05459+2555 | A es TYC 1866-02597-1 * mV 7,27 |
| BU 1054 | 05510+2758 | A es HIP 27 629 |
| STT 129 | 06064+2931 | A es HIP 28 930 |
| STF 879 | 06163+3005 | A es HIP 29790 |
| HJ 386 AB | 06219+2731 | A es TYC 1886-01579-1 |
| HJ 386 AC | 06219+2731 | A es TYC 1886-01040-1 |
| ABH 43 AD | 06219+2731 | A es TYC 1886-01579-1 |
| ABH 43 AE | 06219+2731 | A es TYC 1886-01579-1 * mV 9,68 |
| ABH 43 AF | 06219+2731 | A es TYC 1886-01579-1 * F es TYC 1886-01479-1* mV 12,23 |
| HJ 156 AC | 10160+1200 | A es HIP 117 768 |
| STF 1744 AB | 13239+5456 | A es 79 Zet UMa / MIZAR |
| ES 2571 | 18362+3858 | |
| MLB 755 | 18366+3859 | También es ALI 873 |
| H 5 39 AB | 18369+3846 | A es Vega |
| STFB 9 AE | 18369+3846 | A es VEGA * E es TYC 3105-00692-1 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. NOTAS DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| NOMBRE | WDS | NOTAS |
|---------------|------------|--|
| BU 141 CD | 19220+2230 | A es 19 Kap And * Óptica |
| STFA 43 Aa-B | 19307+2758 | A es HD 183912 / Albireo * Aa es MCA 55 * B HIP 95951 |
| STF 2552 | 19379+1922 | A es HIP 96 570 |
| STF 2562 BC | 19428+0823 | B es HIP 96976 * C es TYC 1057-00934-1 / Coord. no correctas |
| STF 2562 BD | 19428+0823 | B es HIP 96976 * D es TYC 1057-00880-1 mV9,85 |
| STF 2562 AB | 19428+0823 | A es HIP 96979 * B es HIP 96976 * Sistema quintuple |
| STF 2562 AD | 19428+0823 | D es TYC 1057-00880-1 de mV 9,75 * A es Hip 96979 |
| STF 2562 AC | 19428+0823 | A es HIP 96979 mV 6,89 * C es TYC 1057-00934-1* mV 12,30 |
| STFB 10 AC | 19508+0852 | A es HIP97649 |
| STFB 10 AB | 19508+0852 | A es HIP 97649 / ALTAIR * B es TYC 1058-03402-1 |
| LBZ 1 AB-E | 20375+1436 | A es ROTANEV, 8 Lac * E es TYC 1100-00703-1 |
| HJ 5545 AB-C | 20375+1436 | A es ROTANEV, HIP 101769, Bet Del |
| STF 2704 AB-D | 20375+1436 | A es ROTANEV * Bet Del |
| S 798 AC | 21442+0953 | A es Eps Peg * C es TYC 1125-01747-1 |
| S 798 AB | 21442+0953 | A es ENIF, Eps Peg * K2 II * B es TYC 1125-01747-1 |
| COM 8 BF | 22359+3938 | B es HIP 111544 |
| A 1469 BD | 22359+3938 | B es HIP 111544 * D es TYC 3205-01578-1 |
| STF 2922 BC | 22359+3938 | B es HIP 114544 / 8 Lac |
| A 1469 Aa-C | 22359+3938 | A es HIP 11546 |
| A 1469 Aa-D | 22359+3938 | A es HIP 111546 * D es TYC 3205-01578-1/ mVT 9,08 |
| A 1469 Aa-E | 22359+3938 | A es 8 Lac / HIP 111546 * E es HIP 111505 b-v 0,29 |
| STF 2922 Aa-B | 22359+3938 | A es 8 Lac A /HIP 111546 * B es HIP 111544 * Óptica * A velocidad variable |
| STF 2930 | 22395+0710 | A es HIP 111 857 |
| HJ 1842 AB | 23038+2805 | A es SCHEAT * Bet Peg * M2,5II-III. AB es óptica |
| HJ 1842 AC | 23038+2805 | A es SCHEAT * 53 Bet Peg / Var. irreg. / M2,5II-III. AB es óptica |
| BU 1025 AC | 23078+1240 | A es HIP 114215 |
| STF 2983 | 23097+1512 | A es TYC 1712-01751-1 |
| STF 2986 | 23100+1426 | A es HIP 114378 * También LDS1066 |
| STF 2985 AB | 23100+4758 | A es HIP 114385 b-v = 0,658 * Bin. Espec., P =3,03d. |
| BU 1529 AC | 23232+1226 | A es TYC 1165-00065-1 * Solo una medida en 1910 |
| HJ 3188 AB | 23232+1226 | A es TYC 1165-00065-1 * B es TYC1165-00478-1 |
| STF 3014 | 23279+1108 | A es HIP 115 825 * fue BU 1471 * Igual a J 139 |
| STT 600 AB | 23376+4627 | A es 16 Lam And * Bin. Espec. y variable |
| STT 600 AC | 23376+4627 | A es 16 Lam And * Bin. Espec. y variable * C es BUP 238 CD |
| BUP 238 CD | 23376+4627 | D es TYC3638-00002-1 |
| KUI 117 | 23379+1824 | A es 75 Peg *A es Bin. Espec. |
| BU 722 AC | 23384+4231 | A es HIP 116 657 |
| BU 722 AD | 23384+4231 | A es HIP 116657 |

Primeras mediciones CCD desde el Observatorio W Crucis OAWC (IAU/MPC I45)

First astrometrical CCD measurements from OAWC (IAU/MPC I45)

Carlos A. Krawczenko

- Miembro de la Junta Directiva de la LIADA, Coordinador Adjunto de la Sec. de Estrellas Dobles (LIADA), Coordinador General Sección de Astrofísica (LIADA), Director del Observatorio W Crucis
- Web: www.oawc.com.ar | Correo-e: oawc2010@gmail.com

Este artículo presenta las primeras mediciones astrométricas CCD de estrellas dobles desde el Observatorio W Crucis (OAWC). Estas mediciones astrométricas no poseen ningún criterio de selección, ya que la meta era conocer las posibilidades del equipamiento en relación a estas actividades astronómicas.

This article presents the first astrometrical CCD measurements from W Crucis Observatory (OAWC). These astrometric measurements have not any selection criteria, because the main goal was to explore the possibilities of equipment in relation to these astronomical activities.

Introducción

EN ESTE TRABAJO SE PRESENTAN las primeras mediciones astrométricas CCD de estrellas dobles obtenidas desde el Observatorio Astronómico W Crucis (OAWC) realizadas entre las fechas 2011,9504 y 2012,3646 contabilizándose un total de 17 noches de observación.

Los sistemas estelares dobles que aquí presento no responden a ningún criterio específico de selección, ya que el propósito del proyecto era evaluar el rendimiento del equipamiento del observatorio. Para este propósito se eligieron sistemas estelares con un amplio rango de separaciones angulares y distintas diferencias de magnitud entre las componentes del sistema doble. También se han observado una serie de estrellas dobles procedentes del Catalog of Rectilinear Elements del Observatorio Naval de los Estados Unidos (<http://ad.usno.navy.mil/wds/lin1.html>). El uso de este catálogo ha permitido comparar mis mediciones con las efemérides del mencionado catálogo.

Además, se intentó resolver un par de estrellas dobles que por el brillo que presentan sus componentes hacen imposible resolverlas mediante la técnica clásica de astrometría con cámaras CCD, aunque, en principio, por la separación de estos sistemas era posible la resolución visual con el equipo que dispone el observatorio. En estos casos, que explico más adelante en este mismo trabajo, se pudieron resolver haciendo uso de la técnica de

interferometría Speckle con resultados realmente sorprendentes.

Como este es el primer trabajo sistemático que hice desde este observatorio, creo conveniente hacer una descripción del mismo a modo de “presentación” antes de entrar en el tema principal de este trabajo, es decir, las mediciones astrométricas de estrellas dobles.

El observatorio

El Observatorio Astronómico W Crucis (OAWC) ubicado en San Justo, Argentina (Lat: $-34^{\circ} 34' 18,83''$, Long: $58^{\circ} 40' 40,12''$ W y altitud: 21 metros sobre el nivel del mar), fue inaugurado el 27 de noviembre del 2010 y en el año 2011 pude obtener el código del Minor Planet Center (MPC I45) gracias a la invaluable ayuda de mi amigo y colega Andrés Chapman.

Este observatorio será destinado, en primer lugar, a la observación, medición y estudio de estrellas dobles, aunque también a la astrometría de asteroides.

El instrumento principal (figura 1, página siguiente) con que cuenta el observatorio es un telescopio reflector tipo Newton “Hokenn” de 200 mm de diámetro y una distancia focal de 1000 mm, resultando una razón focal igual a 5 que es utilizado tanto en foco primario como intercalando una lente de Barlow 2X (Sky Watcher acromático) y Barlow 3X apocromático (GSO). Cuenta además con un buscador acromático 9X50. Este buscador es de gran ayuda a la



Figura 1. Vista general del telescopio.

hora de posicionar el instrumento. No posee telescopio guía. El telescopio se encuentra sobre una montura ecuatorial (EQ5) provista con sistema GOTO para el seguimiento y búsqueda.

Complementa el observatorio una computadora portátil Notebook que es utilizada tanto para las capturas de las imágenes como para el control del telescopio. Gracias a esta automatización del telescopio y con la ayuda de software tipo planetario es posible posicionar el instrumento en el objeto a observar con increíble precisión. El programa utilizado es *Cartes du Ciel* (<http://www.stargazing.net/astropc/oldversion/index.html>). Funciona bajo la plataforma ASCOM, con lo que se puede controlar el telescopio desde el ordenador portátil.

La cámara CCD y el software de adquisición

La cámara CCD que dispone el observatorio es una DSI II Pro (Deep Sky Imager) de la firma MEADE (figura 2). Esta cámara incorpora un chip de alta sensibilidad del tipo High Sensitivity Sony EXview HAD. Este chip es rectangular con un tamaño de 8,3 x 8,6 micras, dando una imagen en el plano focal 752 x 582 píxeles.

Una de las características de esta cámara es que, pese a que no tiene sistema de refrigeración, la misma presenta muy poco ruido térmico, algo realmente muy deseable. Es una cámara con una excelente relación calidad/precio.

El software usado para la captura de las imágenes es *MaxIm DL*. Este programa permite, entre muchas otras ventajas, capturar las imágenes utilizando en forma automática los Dark, los cuales son tomadas al comienzo de cada sesión de observación. También permite poner en foco la imagen a través de la función *focus* y lo que es más importante, la función que incorpora llamada "PinPoint" que permite reconocer el campo estelar donde se ubica el objeto a observar a través de un catálogo previamente grabado en la computadora, que en este caso es el UCAC2. Una vez que el programa



Figura 2. Vista de la CCD acoplada al telescopio de 200 mm.

reconoce el campo, calcula en forma automática la focal efectiva del telescopio, la escala de la imagen en "/píxel y la rotación de la cámara. Estos dos últimos parámetros son de fundamental importancia para el trabajo de mediciones astrométricas de estrellas dobles.

Calibración del instrumental

La calibración del equipo telescopio + CCD consiste en conocer para las diferentes configuraciones utilizadas tanto la escala de la imagen como la orientación del chip de la cámara.

Si en la imagen hay un número considerable de estrellas de referencia es posible conocer con precisión estos valores utilizando el software *MaxIm DL* anteriormente mencionado, o en su defecto, el programa *Astrometrica* previa reducción astrométrica de la imagen. Ambos programas nos suministran además de la orientación y escala de la imagen, la distancia focal efectiva de nuestro telescopio, valor muy importante, ya que a partir de ésta se determina la resolución y como la focal del instrumento puede variar según cambios considerables de la temperatura es menester conocer esta focal con la mayor exactitud posible.

Cuando en una imagen no exista un número suficiente de estrellas de referencia se tiene que recurrir a otras técnicas.

Para calcular la escala de la imagen se debe observar un campo de mayor densidad estelar, como por ejemplo un cúmulo estelar próximo a la estrella doble a medir, haciendo una pre-reducción de esta zona obtenemos dicha escala. Para determinar la orientación de la cámara se pueden obtener una serie de tránsitos de la estrella a motor parado a lo largo del sensor de la cámara. Las imágenes de las estelas registradas, previo conocimiento de los puntos cardinales Norte/Este, son analizadas por el software destinado a tal fin que calcula el valor de la corrección que habrá que aplicar a la hora de medir Theta. Esta técnica ofrece excelentes resultados.

Si la cámara la tenemos convenientemente orientada, la rotación de la misma estaría en el orden de $\pm 1^\circ$.

Esta calibración se hizo al principio de cada sesión observación.

La tabla 1 muestra las constantes instrumentales (focal, resolución en segundos de arco/píxel y el campo que abarca) de mi equipo en las tres configuraciones utilizadas, es decir: foco primario, Barlow 2x y Barlow 3x utilizando los procedimientos antes mencionados.

Tabla 1. Constantes instrumentales para las distintas configuraciones usadas.

| CONFIGURACIÓN | FOCAL (mm) | RESOLUCIÓN ("/PIXEL) | CAMPO (FOV) |
|------------------|------------|----------------------|-------------|
| Foco primario | 1000 | 1,77 | 22,1 x 16,5 |
| Barlow 2x (2,40) | 2396 | 0,74 | 9,4 x 7,0 |
| Barlow 3x (3,63) | 3633 | 0,49 | 6,1 x 4,5 |

Software de reducción

El software utilizado en este tipo de trabajos es REDUC en su versión 4.6, un programa diseñado específicamente para mediciones astrométricas de estrellas dobles por Florent Losse (<http://www.astrosurf.com/hfosaf/>). Es un programa muy reconocido a nivel mundial por todos los astrónomos amateur dedicados a la observación y medición de estrellas dobles. Es una herramienta fundamental e insustituible en la tarea de astrometría de pares estelares. Son muchas las cualidades de este programa, pero quizás la más importante es que como REDUC está diseñado especialmente para medir estrellas dobles sobre imágenes procedentes de Webcams y cámaras CCD, presenta una interfaz de usuario muy intuitiva y muy fácil de operar. Cuenta además con un paquete de herramientas que permite medir pares relativamente cerrados. Otra ventaja es que podemos trabajar con sistemas en donde la diferencia de magnitudes es grande sin llegar a saturar a la primaria.

Está en constante desarrollo, en su última versión incluye herramientas para utilizar la técnica de Interferometría Speckle para medir pares muy

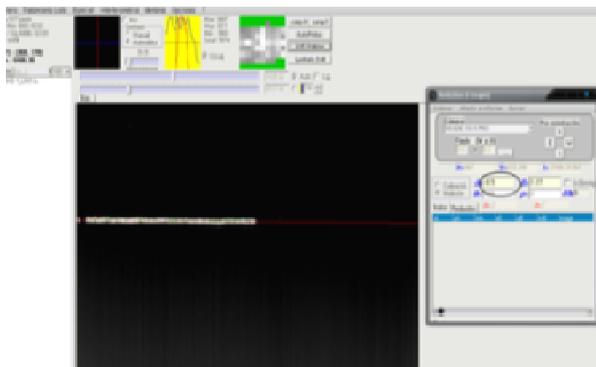


Figura 3. Determinando la orientación de la cámara.

cerrados. Incluso es capaz de medir estrellas dobles con precisión sobre imágenes con una relación señal/ruido deficiente.

El programa es de distribución gratuita y el autor lo envía por simple petición escribiendo a forent_losse@yahoo.fr.

Las mediciones

Las estrellas que se han medido en esta primera serie realizada desde el OAWC totalizan 67 dobles australes de las cuales 10 pertenecen al Catalog of Rectilinear Elements.

La tabla 2 lista las astrometrías obtenidas de 57 estrellas cuyas separaciones oscilan entre 2,56" y 99,52".

El significado de cada columna es como sigue:

- **Columna 1:** Identificador del Washington Double Star Catalog (WDS).
- **Columna 2:** Nombre de la estrella doble.
- **Columna 3:** Magnitudes de las componentes del sistema doble de acuerdo al WDS.
- **Columna 4:** Época besseliana de las observaciones.
- **Columna 5:** Ángulo de posición medido (THETA).
- **Columna 6:** Separación angular medido (RHO).
- **Columna 7:** Número de imágenes medidas por cada sistema.
- **Columna 8:** Cantidad de noches que fueron observadas.

La tabla 3 lista las 10 estrellas dobles extraídas del Catalog of Rectilinear Elements. Esta lista permite evaluar la fiabilidad de mis mediciones al poder comparar con las efemérides de dicho catálogo. En esta tabla se incluye una columna O-C que es la diferencia entre los valores observados y los calculados a partir de las efemérides. Como este catálogo contiene estrellas en su gran mayoría ópticas con cinemática muy bien conocida, se puede determinar la astrometría, tanto Theta como Rho a la época de observación mediante el uso de regresión lineal. Este valor calculado es el que se compara con las observaciones realizadas.

Esta comparación resulta sumamente útil a la hora de querer conocer la fiabilidad que tienen nuestras observaciones.

El error medio cometido en las observaciones es en Theta y Rho de 0,1 y 0,02 respectivamente que surge de calcular las medias de todas las desviaciones estándar de todas las mediciones.

Cabe destacar que la selección de estas estrellas fue al azar, sin tener en cuenta la fiabilidad de las mismas. Las efemérides en sí muestran cierta incertidumbre, que obviamente se reflejan en la evaluación introducida por el instrumental utilizado y

las técnicas de medición. Con esto destaco que, si bien los errores fueron satisfactorios, los mismos podrían haber sido mejores si hubiese seleccionado estrellas más fiables de Catálogo de Elementos Lineales. Los criterios que se deberían seguir para este estudio se detallan más profundamente en el apartado siguiente del presente trabajo.

Sobre las estrellas de calibración

Cuando utilizamos un instrumental para realizar mediciones de estrellas dobles, especialmente si es la primera vez, es muy importante analizar los errores (tanto aleatorios como sistemáticos) cometidos en nuestras mediciones. Para ello se suelen utilizar dobles de calibración que nos permitan calcular con mucha fiabilidad unas efemérides para comparar con nuestras mediciones. Esas dobles de calibración pueden ser binarias con órbitas muy fiables (grado 1 ó 2). Pero para instrumentales no profesionales, puede ser buena elección el elegir dobles adecuadas del catálogo de Elementos Lineales del USNO. Algo crucial es elegir buenos objetos de calibración y debemos dedicar todo el tiempo necesario para ello. Incluso binarias con órbitas de grado 2 o de grado 1 han mostrado residuos sistemáticos que podrían perjudicar un buen análisis de errores. Por ello, en el catálogo de Elementos Lineales no todas las dobles son válidas para analizar nuestros errores.

Algunas características que debería cumplir una buena doble de calibración son:

—Tener muchas observaciones astrométricas, si es posible, de buena calidad. Descartar dobles con pocas medidas (por ejemplo menos de 10 observaciones).

—Que las mediciones cubran una base temporal lo más grande posible. No es complicado encontrar dobles con mediciones que cubran una línea base temporal superior a los 100 años.

—Que los movimientos relativos entre las estrellas componentes sea pequeño. Evitar por tanto aquellas dobles con importantes cambios tanto en distancia angular como en ángulo de posición. Desafortunadamente estas dobles difícilmente aparecerán en el catálogo de Elementos Lineales, por lo que no estaría de más, seleccionar usando el WDS alguna de las dobles brillantes con gran cantidad de mediciones (cientos) y con escaso movimiento relativo. En este caso tendremos que obtener nosotros los elementos lineales.

Lamentablemente, no fueron tenidos en cuenta estos aspectos a la hora de elaborar este trabajo, ya que las dobles incluidas en el Catálogo de Elementos Lineales y usadas en este artículo (ver tabla 3) no ha sido una elección demasiado acertada. En esta tabla vemos que muchas de estas dobles poseen un movimiento relativo importante, algunas poseen pocas

mediciones astrométricas, etc. Seguramente, este sea el motivo por el cual las diferencias entre las medidas obtenidas por el autor y las efemérides calculadas para esta dobles, sea más grande de lo deseado.

En la tabla 3 se muestran los valores O-C para 10 dobles obtenidas del catálogo de Elementos Lineales. Los valores medios de O-C son de $-0,1''$ y $+0,01''$. Las desviaciones estándar de los valores O-C; es decir, lo que habitualmente se llama error, son de $0,3''$ y $0,27''$. Aparentemente son resultados que no son malos, pero la experiencia nos dice que deberían o podrían mejorarse. En concreto, para analizar los errores, la elección de las dobles no ha sido demasiado acertada. Vemos que alguna de ellas ha sido medida en menos de 10 ocasiones, lo cual es insuficiente para dar elementos lineales de precisión.

En un futuro trabajo, el autor realizará un análisis más exhaustivo de los errores astrométricos cometidos con su instrumental. Para ello sería conveniente elegir un grupo de dobles de calibración adecuadas y realizar mediciones de estos objetos por más de un observador y durante varias noches de observación. El análisis de las diferencias entre nuestras mediciones y las efemérides (los llamados O-C), nos dará los errores sistemáticos (media de los O-C) y los errores aleatorios (desviación estándar de los O-C).

Interferometría Speckle

La resolución de los telescopios está limitada por la difracción de la luz que se produce al pasar por una abertura circular, formando lo que conocemos como “disco de Airy”. Si la estrella doble tiene una separación inferior al disco de Airy, el sistema lo veríamos como una sola estrella aislada.

Otro factor que limita a nuestro telescopio es la presencia de la atmósfera, que produce el seeing que se manifiesta como un “bailoteo” de la imagen que impide resolver pares relativamente cerrados. Haciendo uso de técnicas especiales como la interferometría Speckle es posible disminuir considerablemente los efectos adversos de la atmósfera terrestre prácticamente “congelando” el seeing y alcanzando la resolución teórica del telescopio.

La interferometría Speckle consiste en la obtención de muchas imágenes de muy corto tiempo de exposición generando un patrón de manchas que son analizadas convenientemente para obtener una imagen explotable.

Dentro de las 57 estrellas observadas en este trabajo, los sistemas DUN 252 AB (Alpha Crucis) y RHD 1 (Alpha Centauri) son sistemas muy brillantes (1ª magnitud) tanto la primaria como la secundaria. Este hecho hace que estos pares no se puedan resolver con técnicas fotográficas convencionales.

Por tal motivo y con la única intención de resolver estos sistemas, decidí a modo totalmente

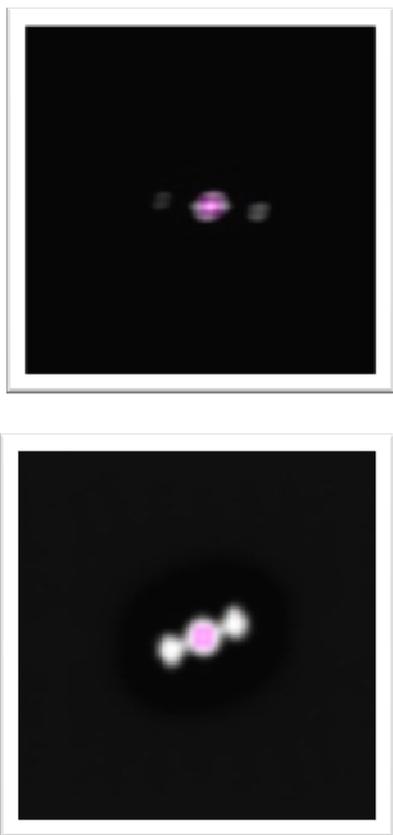


Figura 4. Correlación de los sistemas dobles RHD 1 (arriba) y DUN 252 AB (abajo) obtenidas con Reduc.

experimental, probar si sería factible usar esta técnica con el Newton 200 sobre estos dos sistemas dobles.

Dicha técnica consistió en obtener para cada par muchas imágenes de muy corta exposición. En mi caso obtuve 300 imágenes de 0,005 segundos, las cuales fueron reducidas con el excelente programa Reduc, el cual, contiene herramientas que permiten analizar los patrones de manchas y convertirlos en una imagen perfectamente medible mediante una autocorrelación de todas las imágenes. Con esto se visualiza la estrella principal más dos puntos simétricos, correspondiéndose uno de ellos con la componente secundaria. Para decidir cuál es realmente la estrella secundaria y deshacer esta ambigüedad de 180° (inherente al método) se usó una correlación cruzada, con lo cual estos dos puntos presentan distintas intensidades. Entonces, ¿cuál es la estrella secundaria de estos dos puntos? Pues es el más brillante de las dos. Los resultados de estas mediciones están indicadas en la tabla 2 en negrita y con un asterisco (*).

La figura 4 muestra las correlaciones de estos dos pares.

Hay que decir que estas estrellas dobles también se las puede separar haciendo uso de la técnica “Lucky Imaging”, la cual consiste en la toma de muchas imágenes y hacer una selección manual de las imágenes más explotables.

Conclusiones

Por todo lo expuesto en este trabajo, puedo concluir que el rendimiento de OAWC es satisfactorio frente a este tipo de trabajos astronómicos.

Lo más sorprendente para mí es la capacidad del equipo para utilizar la técnica de interferometría Speckle. En el caso de la doble RHD 1, una binaria orbital, consulté el catálogo Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Star (<http://ad.usno.navy.mil/wds/orb6.html>); comparando las efemérides de este sistema previa reducción a la época de observación, el resultado fue sorprendentemente similar.

Para finalizar, presento algunas imágenes de las dobles medidas en este trabajo (tabla 4).

Agradecimientos

Deseo mostrar mi agradecimiento muy especialmente a dos grandes doblistas españoles, sin cuya invaluable ayuda jamás habría podido llevar a cabo este trabajo. Ellos son Edgardo Rubén Masa Martín y Francisco Rica Romero, quienes de una u otra manera han evacuado todas mis dudas desde el momento en que me iniciara en el maravilloso mundo de las estrellas dobles.

También mi agradecimiento a Francisco Rica que ha podido completar este trabajo con la evaluación de los errores encontrados al emplear el catálogo de elementos lineales.

De igual manera, agradezco a nuestro colega francés, Florent Losse, su excelente programa Reduc con el que fue posible hacer estas mediciones, especialmente las de interferometría Speckle.

También al Washington Double Star Catalog que fue ampliamente utilizado en este trabajo. Gracias a él fue posible verificar la calidad de mis mediciones astrométricas. 

Bibliografía

- González Carballo, J. L., 2009, *Medidas de estrellas dobles con CCD*, OED, nº 1, 15.
- Masa, E. R., 2010, *Consideraciones sobre el uso de las cámaras CCD Meade DSI Pro para la medida de estrellas dobles*, OED, nº 4, 36.
- Rica, F., 2010, *Técnicas de observación. Imágenes Speckle*, OED, nº 4, 32.
- Observing and Measuring Visual Double Stars*, Bob Argyle, Springer, 2004



TABLA 2. ASTROMETRÍA RELATIVA.

| ID.WDS | DESC. | MAGNITUDES WDS | | ÉPOCA BESSELIANA | THETA (°) | RHO (") | Nº DE IMÁGENES | NOCHES |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------|------------------|--------------|-------------|----------------|----------|
| 06096-4621 | I 280 AB | 8,94 | 12,27 | 2011,997 | 280,6 | 7,15 | 10 | 1 |
| 06096-4621 | I 280 AC | 8,9 | 13,50 | 2011,997 | 36,6 | 38,48 | 4 | 1 |
| 06096-4621 | DAM 17 CD | 13,5 | 15,30 | 2011,997 | 50,17 | 10,58 | 4 | 1 |
| 06229-4538 | HJ 3856 | 6,7 | 9,70 | 2011,948 | 5,4 | 35,28 | 4 | 1 |
| 06240-4557 | LDS 161 | 7,88 | 13,70 | 2011,949 | 59,2 | 69,54 | 6 | 1 |
| 06286-7854 | HJ 3888 | 7,58 | 10,34 | 2011,948 | 125,3 | 34,59 | 4 | 1 |
| 06289-4547 | I 350 | 7,70 | 12,70 | 2011,949 | 18,6 | 15,59 | 4 | 1 |
| 06386-4813 | DUN 31 | 5,14 | 7,38 | 2011,948 | 325,5 | 13,54 | 4 | 1 |
| 06428-5027 | HJ 3889 | 6,97 | 8,76 | 2011,948 | 270,1 | 40,83 | 7 | 1 |
| 06444-7715 | HDS 936 | 8,87 | 10,19 | 2011,948 | 55,9 | 14,62 | 4 | 1 |
| 07289-6835 | MLO 24 | 8,77 | 13,10 | 2011,949 | 348,7 | 10,92 | 4 | 1 |
| 07418-7236 | DUN 57 | 3,95 | 9,70 | 2011,948 | 122,9 | 15,61 | 4 | 1 |
| 08198-7131 | BSO 17 AB | 5,31 | 5,59 | 2011,948 | 60,4 | 63,8 | 4 | 1 |
| 08198-7131 | BSO 17 AC | 5,31 | 7,67 | 2011,948 | 49,5 | 99,52 | 4 | 1 |
| 08284+1651 | STF 1230 | 9,32 | 10,59 | 2012,037 | 184,3 | 35,93 | 4 | 1 |
| 08316+1806 | HJ 2452 | 5,35 | 10,00 | 2012,037 | 61,67 | 74,49 | 4 | 1 |
| 10182-5208 | BRT 782 | 11,90 | 12,92 | 2012,044 | 318,4 | 5,34 | 4 | 1 |
| 12003-6122 | HJ 4488 | 8,15 | 9,82 | 2012,334 | 136,9 | 7,46 | 5 | 1 |
| 12185-6153 | JSP 527 | 10,43 | 13,10 | 2012,077 | 209,1 | 3,61 | 4 | 1 |
| 12209-1334 | BUP 142 | 5,14 | 13,50 | 2012,039 | 308,2 | 47,53 | 4 | 1 |
| 12231-6405 | RST 589 AB | 10,74 | 10,81 | 2012,014 | 70,5 | 4,09 | 4 | 1 |
| 12238-6359 | HJ 4516 | 8,14 | 9,96 | 2012,014 | 91,9 | 24,18 | 4 | 1 |
| 12240-6206 | COO 137 | 9,52 | 9,55 | 2012,156 | 2,2 | 3,37 | 1 | 1 |
| 12266-6306 | DUN 252 AC | 1,25 | 4,80 | 2012,015 | 201,9 | 80,68 | 4 | 1 |
| 12266-6306 | DUN 252 AB * | 1,25 | 1,55 | 2012,015 | 110,5 | 3,57 | 4 | 2 |
| 12273-5544 | JSP 533 AB | 7,20 | 13,10 | 2011,998 | 303,4 | 8,33 | 4 | 1 |
| 12299-1631 | SHJ 145 AB | 2,95 | 8,47 | 2012,039 | 213,2 | 24,59 | 4 | 1 |
| 12387-6929 | DON 543 AB | 10,72 | 12,40 | 2012,049 | 298,6 | 5,37 | 4 | 1 |
| 12397-6944 | BRT 2001 | 11,60 | 11,80 | 2012,049 | 33,1 | 4,367 | 4 | 1 |
| 12418-6749 | DON 544 | 11,61 | 11,78 | 2012,049 | 353,2 | 2,56 | 4 | 1 |
| 12431-7247 | HJ 4540 | 8,68 | 9,00 | 2012,077 | 167,3 | 11,967 | 4 | 1 |
| 12446-6719 | DON 548 AB | 11,43 | 13,40 | 2012,077 | 57,63 | 4,621 | 4 | 1 |
| 12456-6059 | HJ 4547 | 4,72 | 10,24 | 2012,015 | 2,67 | 30,47 | 4 | 1 |
| 12462-6920 | WFC 129 | 9,64 | 10,65 | 2012,077 | 334,06 | 6,868 | 4 | 1 |
| 12483-6708 | HJ 4550 | 7,63 | 8,74 | 2012,015 | 97,76 | 12,11 | 4 | 1 |
| 12505-7137 | RSS 295 | 8,22 | 13,00 | 2012,049 | 253,57 | 9,02 | 4 | 1 |
| 12506-6805 | HDS 1802 | 9,44 | 11,58 | 2012,077 | 208,4 | 17,364 | 4 | 1 |
| 12512-6036 | TDS 8561 | 12,07 | 12,42 | 2012,077 | 225,0 | 12,612 | 4 | 1 |
| 12546-5711 | DUN 126 AB | 3,94 | 4,95 | 2011,998 | 24,2 | 36,58 | 4 | 1 |
| 12560-5650 | HDO 221 | 5,32 | 11,77 | 2011,998 | 322,4 | 30,28 | 4 | 1 |
| 13033-5936 | COO 147 | 9,52 | 9,55 | 2012,156 | 2,2 | 3,37 | 4 | 1 |
| 13063-4828 | HJ 4567 | 4,69 | 10,80 | 2012,015 | 77,7 | 10,45 | 4 | 1 |
| 13126-6034 | VOU 18 AB | 8,19 | 10,84 | 2012,156 | 280,4 | 9,35 | 4 | 1 |
| 13127-6128 | HDS 1849 | 9,04 | 12,48 | 2012,156 | 316,2 | 14,38 | 4 | 1 |
| 13306-6324 | HDS 1892 | 9,12 | 12,10 | 2012,156 | 174,9 | 9,97 | 4 | 1 |
| 13392-4900 | HJ 4600 | 7,75 | 9,30 | 2012,156 | 116,8 | 16,19 | 4 | 1 |
| 13521-5249 | RMK 18 | 5,24 | 7,50 | 2012,156 | 287,6 | 18,20 | 4 | 1 |
| 13579-5732 | R 228 | 9,81 | 11,80 | 2012,156 | 343,1 | 17,15 | 4 | 1 |
| 13591-6137 | JSP 920 | 8,74 | 10,70 | 2012,305 | 228,6 | 11,60 | 4 | 1 |
| 14043-5728 | R 236 AB | 9,26 | 12,83 | 2012,156 | 29,1 | 17,87 | 4 | 1 |
| 14074-5755 | HRG138 AB | 11,31 | 11,93 | 2012,156 | 192,3 | 15,93 | 4 | 1 |
| 14077-5738 | DUN 155 | 8,09 | 8,45 | 2012,156 | 358,5 | 17,31 | 4 | 1 |
| 14396-6050 | RHD 1 * | 0,14 | 1,24 | 2012,015 | 254,5 | 4,96 | 4 | 2 |
| 16239-3312 | HJ 4848 AB | 6,93 | 7,29 | 2012,334 | 150,7 | 6,24 | 5 | 1 |
| 16239-3312 | HJ 4848 AC | 6,93 | 9,48 | 2012,334 | 356,6 | 97,65 | 5 | 1 |
| 16247-2942 | H N 39 | 5,89 | 6,60 | 2012,334 | 354,9 | 4,08 | 6 | 1 |
| 16272-2711 | STN 32 | 8,30 | 11,10 | 2012,334 | 351,6 | 12,65 | 4 | 1 |

TABLA 3. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES INCLUIDOS EN EL CATALOG OF RECTILINEAR ELEMENTS.

| ID.WDS | DESC. | ÉPOCA BESSELIANA | EFEMÉRIDES | | OBSERVADO | | O - C | |
|------------|----------|------------------|------------|-------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | THETA | RHO | THETA | RHO | THETA | RHO |
| 08084-2953 | COO 67 | 2012,074 | 227,432 | 12,18 | 226,900 | 12,319 | -0,532 | -0,136 |
| 08155-3722 | HJ 4063 | 2012,074 | 352,100 | 16,72 | 352,490 | 16,64 | 0,390 | -0,082 |
| 08200-3425 | HDS 1184 | 2012,074 | 79,128 | 24,99 | 79,160 | 25,289 | 0,032 | 0,298 |
| 08245-3039 | HJ 2446 | 2012,074 | 106,500 | 30,58 | 106,420 | 30,872 | -0,080 | 0,294 |
| 08421-6200 | HRG 18 | 2012,074 | 7,358 | 8,36 | 7,270 | 8,769 | -0,088 | 0,323 |
| 09339-4419 | CPO 46AB | 2012,074 | 147,514 | 11,88 | 147,840 | 11,36 | 0,326 | -0,517 |
| 09548-5205 | HJ 4266 | 2012,074 | 96,864 | 12,44 | 96,420 | 12,674 | -0,444 | 0,235 |
| 10390-5849 | GLI 152 | 2012,074 | 80,410 | 26,72 | 80,420 | 26,729 | 0,010 | 0,005 |
| 10594-4308 | HJ 4394 | 2012,074 | 167,154 | 32,59 | 266,700 | 32,395 | -0,454 | -0,199 |
| 11348-5217 | CPO329AB | 2012,074 | 125,411 | 17,96 | 125,460 | 17,879 | 0,049 | -0,085 |

TABLA 4. SELECCIÓN DE IMÁGENES DE LAS DOBLES OBSERVADAS.

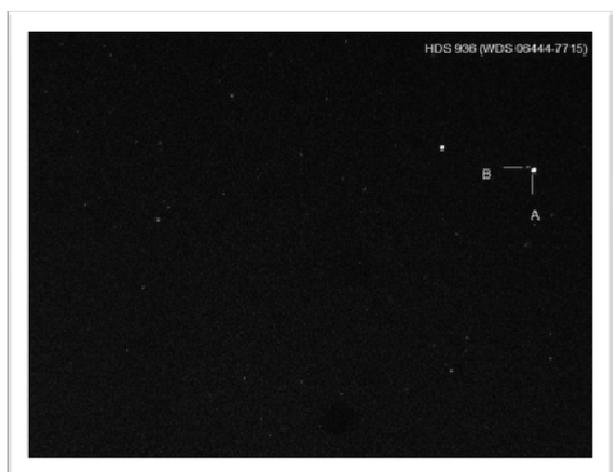
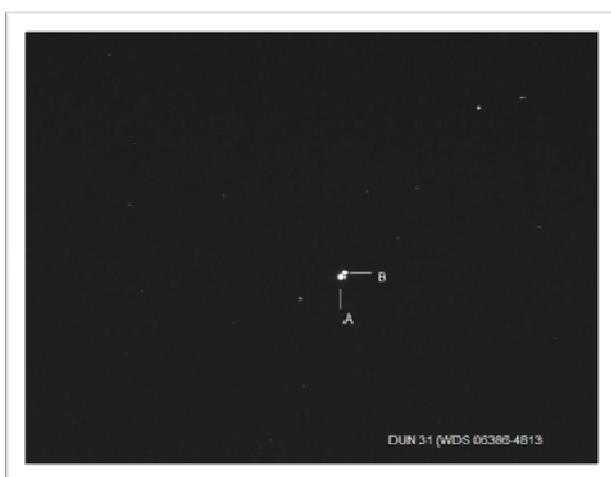
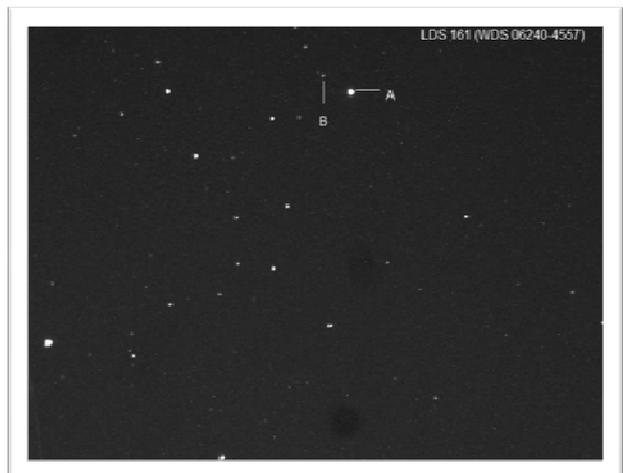
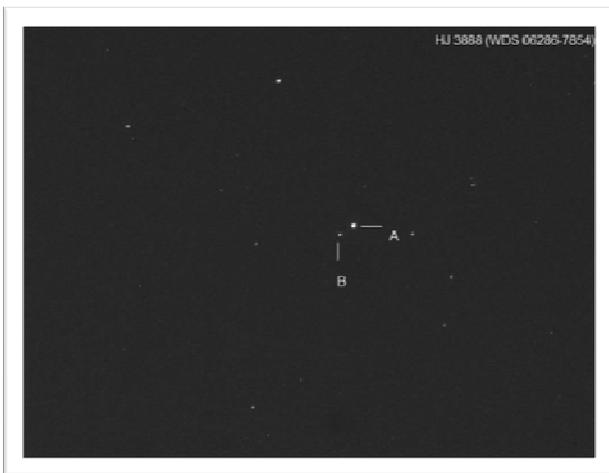
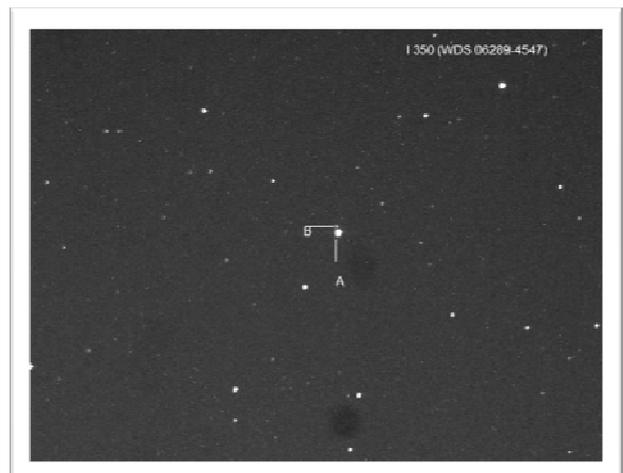
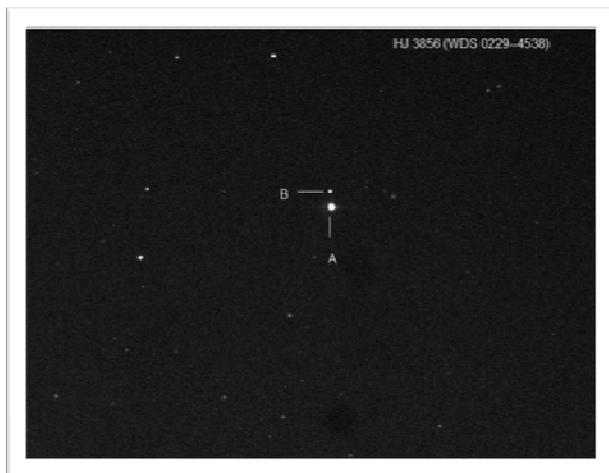


TABLA 4. SELECCIÓN DE IMÁGENES DE LAS DOBLES OBSERVADAS (CONT.).



Medidas de diez estrellas dobles. Reporte de septiembre de 2012.

Measurements of 10 Double Stars. Report of September, 2012.

José Martín Carro

- Cuesta College, San Luis Obispo (California, EE.UU.)
- Correo-e: jcarro@charter.net

Se presentan medidas de diez estrellas dobles realizadas desde mi residencia en Paso Robles, California. Las diez estrellas dobles fueron SAO 87212 y SAO 87876 en Vulpecula, SAO 88276, SAO 105104 y SAO 88275 en Sagitta, SAO 125456 en Aquila, SAO 49332 en Cygnus, SAO 106301 y SAO 106819 en Delphinus, y SAO 72247 en Pegasus. Las metas de este trabajo fueron medir los ángulos de posición y las separaciones de las estrellas ya mencionadas y comparar los resultados con las medidas publicadas.

Measurements of the position angles and separation of ten double stars were taken from my residence in Paso Robles, California. The ten double stars were SAO 87212 in Vulpecula, SAO 87876 in Vulpecula, SAO 88276 in Sagitta, SAO 105104 in Sagitta, SAO 125456 in Aquila, SAO 49332 in Cygnus, SAO 88275 in Sagitta, SAO 106301 in Delphinus, SAO 106819 in Delphinus, and SAO 72247 in Pegasus. The two goals of this work were to measure the position angles and separations of the aforementioned stars, and compare the results with published measurements.

Metodología

LAS OBSERVACIONES FUERON REALIZADAS desde mi casa en Paso Robles, California (ubicada aproximadamente en latitud $35^{\circ} 37' 36''$ N y longitud $120^{\circ} 41' 24''$ O), usando un telescopio Celestron CPC 1100. El telescopio es computerizado y motorizado y se le acopló un ocular astrométrico Celestron MicroGuide 12,5 mm. El telescopio es de diseño Schmidt-Cassegrain con una abertura de 28 cm (11 pulgadas) en un montaje altazimutal. El fabricante reporta una distancia focal de 2.800 mm.

En dos casos se utilizó el ocular MicroGuide para medir las estrellas usando los procedimientos ya reportados en mis artículos anteriores ("Medidas de siete estrellas dobles. Reporte de agosto 2011", El Observador de Estrellas Dobles, n.º 8) y recomendados por Argyle y Frey. Estos dos casos fueron las estrellas SAO 88276 y SAO 105104, ambas están en la constelación de Sagitta.

En el resto se tomaron ocho imágenes usando una cámara de SBIG modelo 402 a F/10 con una escala de imagen de $0,627''/\text{píxel}$. En dos casos, se analizaron dos tandas de imágenes usando el programa "REDUC" desarrollado por Florent Losse. Las dos estrellas fueron SAO 87212 y SAO 87876, ambas en la constelación de Vulpecula. La estrella de referencia fue SAO 88276 en Sagitta. Se analizaron las ocho imágenes usando los programas CCD Soft versión 5 y



Figura 1. El autor con su telescopio.

TABLA 1. RESUMEN DEL HISTORIAL DE OBSERVACIONES DE LAS DOBLES OBJETO DE ESTUDIO.

| DESIGN. SAO | ID. WDS | CÓDIGO DEL DESCUBRIDOR | CONSTELACIÓN | NÚMERO DE OBSERVACIONES | PRIMER AÑO | ÚLTIMO AÑO |
|-------------|-------------|------------------------|--------------|-------------------------|------------|------------|
| 49332 | 20136+4644 | STF 4050 | Cygnus | 40 | 1779 | 2011 |
| 72247 | 22205+3507 | STT 469 | Pegasus | 48 | 1843 | 2010 |
| 87212 | 19266+2530 | STF 2524 | Vulpecula | 81 | 1829 | 2010 |
| 88275 | 20099+2055B | STF 2637 | Sagitta | 53 | 1800 | 2011 |
| 88276 | 20099+2055A | STF 2637 | Sagitta | 124 | 1800 | 2004 |
| 87876 | 19534+2020 | STF 4048 | Vulpecula | 54 | 1782 | 2005 |
| 105104 | 19394+1634 | H N 84 | Sagitta | 25 | 1796 | 2011 |
| 106301 | 20368+14444 | STF 2703 | Delphinus | 84 | 1777 | 2009 |
| 106819 | 21049+1227 | HJ 1608 | Delphinus | 14 | 1828 | 2006 |
| 125456 | 20066+0735 | STTA 198 | Aquila | 27 | 1875 | 2008 |

Información obtenida de los catálogos de SIMBAD y del Washington Double Star Catalog.

SKY X Profesional versión 10.1.11.

Para determinar el nivel de "seeing" se aplicó una escala usando la constelación Osa Menor. Sin usar instrumentos se contaron las estrellas comenzando con la estrella Polaris. El número de las estrellas fácilmente visibles definía este nivel.

Las observaciones

Aunque las estrellas incluidas en este reporte se han estudiado muchas veces, hay poco publicado sobre ellas. Se resume su historia en la tabla 1. Las medidas, así como las referencias aportadas por el autor, pueden observarse en las tablas adjuntas (páginas 62 y 63).

— **La estrella doble SAO 87212 en Vulpecula** fue estudiada por el autor en la noche del 13 de julio de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 3-4, la temperatura era 10 - 15°C, la hora 10:30 pm PDT, y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 19 h 26 m 35,78 s, declinación de +25° 28' 48,2". Magnitudes de 9,15 y 9,53. Tipo espectral de A2, y ambas estrellas son azules. Sus Identificadores son AG+25 2119, BD+25 3834, CSI+25 3834 2, GC 26850, HD 18034, HIP 95593, IDS 19224+2518, 2MASS J19263577+2529482, PPM 109015, STF 2524, TD1 24712, TYC 2129-2773-1, WDS J19266+2530AB.

— **La estrella doble SAO 87876 en Vulpecula** fue estudiada por el autor en la noche del 2 de agosto de 2012 cuando la Luna estaba menguante gibosa, el seeing era 3-4, la temperatura era 10-18°C, la hora 9:10 pm PDT, y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 19 h 53 m 22,65 s, declinación de +20° 20' 14,1". Magnitudes de 7,1 y 7,3. Tipo espectral de A0. Sus identificadores son AG+20 2139, BD+19 4196, BDS 9705 B, CCDM J19534+2020B, GC 27450, GEN# +1.00188212, HD 188212, HIP 97879, IDS 19490+2004B, 2MASS

J19532429+2019388, PPM 109951, RENSON 51980, ROT 2871, SKY# 37253, STF 4048, TYC 1624-307-1, UBV 16941, UBV M 24252, WDS J19534+2020, YZ 20 7767.

— **La estrella doble SAO 87276 en Vulpecula** fue estudiada por el autor en la noche de 3 de agosto de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 3-4, la temperatura era 10-18°C, la hora era 9:30 pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 20 h 09 m 56,61 s, declinación de +20° 24' 55", magnitudes de 6,6 y 8,9. Tipo espectral de F3V, y colores amarillo y azul. Sus identificadores son theta Sagittae, 17 Sagittae, ADS 13442 A, AG+20 2208, BD+20 4453, CCDM J20099+2054A, CSI+20 4453 2, GC 27987, GCRV 12520, GEN# +1.00191570A, GSC 01630-00481, HD 191570, HIP 99352, HR 7705, 2MASS J20095665+2054541, PLX 4785, PPM 110544, SKY# 37945, STF 2637, TD1 26163, TYC 1630-481-1, UBV 17370, UBV M 24551, uvby98 100191570A, WDS J20099+2055A, YZ 20 7516.

— Se estudió **la estrella doble SAO 105104 en Sagitta** en la noche del 3 de agosto de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 3-4, la temperatura era 10-18°C, la hora 9:30pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 19 h 39 m 25 s, declinación de +16° 34' 16", magnitudes de 6,4 y 9,5. Tipo espectral de K4Ib, y colores anaranjada y azul. Sus identificadores son AAVSO 1934+16B, ADS 12750 A, AG+16 2018, AGKR 17549, BD+16 3936, CCDM J19394+1634A, DO 17970, GC 27195, GCRV 12042, GEN# +1.00185622A, HD 185622, HIP 96688, HR 7475, IDS 19349+1621A, IRAS 19371+1627, IRC +20424, 2MASS J19392533+1634163, PPM 136711, RAFGL 5411S, SKY# 36701, TYC 1602-1582-1, UBV 16696, uvby98 100185322, V*V340 Sge, WDS J19394+1634A, YZ 16 7591.

— Se estudió la estrella doble SAO 125456 en **Aquila** en la noche del 9 de agosto de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 3-4, la temperatura era 18-24 °C, la hora 10:30 pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 20 h 06 m 38,76 s y declinación de +07° 34' 34,2". Magnitudes de 7,1 y 9,5. Tipo espectral de A2V y A3V, ambas estrellas son azules. Sus identificadores son ADS 13379 A, AG+07 2843, BD+07 4367, CCDM J20066+0734A, CSI+07 4367 1, GC 27896, GEN# +1.00190849, GSC 01072-02229, HD 190849, HIP 99055, IDS 20018+0716 A, 2MASS J20063876+0734339, PLX 4770, PPM 169356, SKY# 37798, TYC 1072-2229-1, UBV 17253, UBV M 24496, uvby98 100190849, WDS J20066+0753A, YZ 7 9818.

— Se estudió la estrella doble SAO 49332 en **Cygnus** en la noche del 10 de agosto de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 3-4, la temperatura era 18-24 °C, la hora 10:30 pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 20 h 17 m 37,9 s y declinación de +46° 44' 28,8". Magnitudes de 3,93 y 4,8. Tipo espectral de K2 II. La estrella primaria es amarilla-anaranjada y la secundaria es azul. Sus identificadores son 30 Cygni, ADS 13554 D, AG+46 1594, BD+46 2881, CCDM J20135+4646D, CEL 4980, CSI+46 2881 1, CSV 102988, GC 28091, GCRV 12594, GEN# +1.00192514, GSC 03559-02796, HD 192514, HIP 99369, HR 7730, IRAS 20117-4639, JP11 3194, 2MASS J20131806+4648564, N30 4469, NSV 12926, PLX 4810, PPM 59516, RENSON 53640, ROT 2935, SKY#38083, TD1 26327, TYC 3559-2769-1, UBV 17494, UBV M 24636, WDS J20136+4644D.

— Se estudió la estrella doble SAO 88275 en **Sagitta** en la noche del 10 de agosto de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 1-2, la temperatura era 21-24 °C, la hora 9:00pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 20 h 09 m 56,61 s y declinación de +20° 54' 53,2". Magnitudes de 6,56 y 8,85. Tipo espectral de F3V. Sus identificadores son ADS 13442 B, AG+20 2207, BD+20 4453B, CCDM J20099+2054B, CSI+20 4453 1, GC 27986, GCRV 12519, GEN#+1.00191570B, GSC 01630-03826, HIP 99351, 2MASS J20095624+2055043, PPM 110543, STF 2637B, TYC 1630-3826-1, UBV17371, WDS J20099+2055B.

— Se estudió la estrella doble SAO 106301 en **Delphinus** en la noche del 13 de septiembre de 2012 cuando no había Luna, el seeing era 3-4, la temperatura era 18-24 °C, la hora 8:45 pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 20 h 36 m 49,41 s y declinación de +14° 43' 42,4". Magnitudes de 8,35 y 8,42 y tipo espectral K0. La estrella primaria es anaranjada y la

secundaria es blanca. Sus identificadores son AG+14 2251, BD+14 4363, BDS 10361 B, CCDM J20368+1444B, GSC 01100-00460, HIP 101698, IDS 20321+1423 B, 2MASS J20364777+1443511, PPM 138698, TYC 1100-460-1, WDS J20368+1444B, YZ 14 8030.

— La estrella doble SAO 106819 en **Delphinus** fue estudiada por el autor en la noche del 13 de septiembre de 2012 bajo las condiciones ya mencionadas en la descripción de SAO 106301. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 21 h 04 m 52,61 s y declinación de +12° 26' 41,3". Magnitudes de 7,68 y 11,39 y tipo espectral de F2V. Sus identificadores son ADS 14607 A, AG+12 2453, BD+11 4470, CCDM J21049+1227A, CSI+11 4470 1, GSC 01112-02069, HD 200745, HIP 104057, HJ 1608A, 2MASS J21045261+1226416, PM2000 2448620, PPM 139572, SKY# 40074, TD1 27637, TYC 1112-2069-1, uvby98 100200745, WDS J21049+1227A, YZ 12 8317.

— La estrella doble SAO 72247 en **Pegasus** fue estudiada por el autor en la noche del 20 de septiembre de 2012 cuando la Luna estaba en Cuarto, el seeing era 2-3, la temperatura era 15-21 °C, la hora 9:30pm PDT y había viento desde 0 a 8 km/h. La estrella doble tiene las siguientes características: componentes AB, ascensión recta de 22 h 20 m 31,21 s y declinación de +35° 06' 53,4". Magnitudes de 7,53 y 9,73. Tipo espectral de A9 III y las dos estrellas son azules. Sus identificadores son ADS 15848 B, AG+34 2302 BD+34 4657B, CCDM J22205+3507B, CSI+34 4657 2, GSC 02741-00662, HIP 110301, 2MASS J22202913+3507031, PPM 87670, STT 469, TYC 2741-662-1, WDS J22205+3507B. ©

Catálogos

- Dommanget, J., Nys, O., 2002, *Catalogue des composantes d'étoiles doubles et multiples*.
- Mason, B. et al., 2002, *Washington Double Star Catalog*.
- Myers, J., Sande, C., Miller, A., Warren, W., Tracewell, D., 2002, *Sky 2000 Master Star Catalog*, Goddard Space Flight Center, Flight Dynamics Division.
- Observatorio Astronómico de Garraf, (<http://www.oagarraf.net>).
- Perryman et al., 2011, *Hipparcos and Tycho Catalogue* (www.rssd.esa.int).

Referencias

- Argyle, R., *Observing and Measuring Visual Double Stars*, Springer-Verlag, 2004
- Arnold, D., 2006, *Divinus Lux Observatory Bulletin: Report #1*, JDSO, vol. 2, n° 1
- Arnold, D., 2007, *Divinus Lux Observatory Bulletin: Report #11*, JDSO, vol. 2, n° 4
- Arnold, D., 2010, *Divinus Lux Observatory Bulletin:*

Report #23, JDSO, vol. 6, n° 4
 Burton, J., 2012, Astrogeek Observatory (www.astrogeek.org)
 Daley, J. 2005, *Double Star Measures for the Year 2004*, JDSO, vol. 1, n° 3
 Frey, T., 2008, *Visual Double Star Measurement with an Alt-azimuth Telescope*, JDSO, vol. 4, n° 2
 Masa, E. R., 2010, *CCD Measurements: 2nd Series*", JDSO, vol. 6, n° 4
 McEvoy, B., 2011, *William Herschel's Double Star Catalogs Restored*, (<http://www.handprint.com/ASTRO/Herschel1500.html>)
 Muenzler, K., 2003, Eagle Creek Observatory (www.eaglecreekobservatory.org)
 Nugent, R., Iverson, E., 2012, *Double Star Measures Using the Video Drift Method - II*, JDSO, vol. 8, n° 3

Schlimmer, J., 2008, *Double Star Measurements Using a Webcam, Annual Report of 2007*, JDSO, vol. 4, n° 2
 Schlimmer, J., 2010, *Double Star Measurements Using a Webcam, Annual Report of 2009*, JDSO, vol. 6, n° 3
 Spangle, M., 2007, *Double Star Measures Using a CCD Camera*, JDSO, vol. 3, n° 2

This research made use of the Washington Double Star Catalog maintained by the United States Naval Observatory, and the SIMBAD data base operated at CDS, Strasbourg, France.

| | | | | |
|--------------------------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| SAO 87212 EN VULPECULA | | | | |
| 19266+2530 STF 2524 | | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | | 82,9 | 5,4 | 2012,533 |
| Referencias | | | | |
| Herschel (McEvoy, 2011) | | 83 | 5,4 | |
| Hipparcos | | 86 | 5,62 | |
| JDSO (Daley, 2005) | | 83.9 | 5,48 | |
| JDSO (Arnold, 2007) | | 83.9 | 5,43 | |
| OAG (Comellas, 1973) | | 85 | 5,2 | |
| WDS (Mason+, 2012) | | 83 | 5,4 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | | |
| SAO 87876 EN VULPECULA | | | | |
| 19534+2020 STF 4048 | | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Luna gibosa | | | | |
| Valores del Autor | | 148,1 | 42,9 | 2012,588 |
| Referencias | | | | |
| Herschel (McEvoy, 2011) | | 148 | 42,9 | |
| Hipparcos | | 146,8 | 42,14 | |
| OAG (Comellas, 1973) | | 147 | 42 | |
| OAG (Comellas, 1980) | | 147 | 42 | |
| SKY X | | 147,27 | 42 | |
| WDS (Mason+, 2012) | | 148 | 42,9 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | REDUC | | | |
| SAO 88276 EN SAGITTA | | | | |
| 20099+2055A STF 2637 | | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | | 331 | 11,9 | 2012,590 |
| Referencias | | | | |
| Astrogeek (Burton, 2012) | | 330 | 11,7 | |
| Cal-Sky (Barmettler, 2012) | | 331 | 11,8 | |
| Eagle Creek (Muenzler, 2003) | | 325 | 11,9 | |
| Herschel (McEvoy, 2011) | | 332 | 11,5 | |
| JDSO (Arnold, 2006) | | 329,9 | 11,85 | |
| JDSO (Schlimme, 2009) | | 331,6 | 11,54 | |
| OAG (Comellas, 1973) | | 325 | 12 | |
| OAG (Comellas, 1980) | | 325 | 12 | |
| OAG (Janny, 1992) | | 329,1 | 11,73 | |
| OAG (Rojo, 1993) | | 330 | 11,4 | |
| OAG (Rojo, 1994) | | 328 | 11,8 | |
| OAG (Rojo, 1994) | | 333 | 11,6 | |
| OAG (Rojo, 1995) | | 331 | 11,4 | |
| WDS (Mason+, 2012) | | 331 | 11,6 | |
| Ocular MicroGuide 12mm | | | | |
| SAO 105104 EN SAGITTA | | | | |
| 19394+1634 H N 84 | | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | | 301 | 28,3 | 2012,590 |
| Referencias | | | | |
| Astrogeek (Burton, 2012) | | 302 | 28,2 | |
| Cal-Sky (Barmettler, 2012) | | 302 | 28,2 | |
| Eagle Creek (Muenzler, 2003) | | 301 | 28,4 | |
| Herschel (McEvoy, 2011) | | 302 | 28,2 | |
| Hipparcos (Perryman+, 1994) | | 301,2 | 30 | |
| JDSO (Arnold, 2010) | | 301,3 | 28,64 | |
| OAG (Comellas, 1973) | | 304 | 28 | |
| SKY 2000 Master (Myers+, 1997) | | 302 | 28,2 | |
| WDS (Mason+, 2012) | | 301 | 28,6 | |
| Ocular MicroGuide 12mm | | | | |

| | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------|-----------------|
| SAO 125456 EN AQUILA | | | |
| 20066+0735 STTA 198 | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | 185 | 65,9 | 2012,607 |
| Referencias | | | |
| Cal-Sky (Barmettler, 2012) | 185 | 65,2 | |
| CCDM (Dommanget, 2002) | 186 | 65,1 | |
| Hipparcos (Perryman+, 1994) | 185,4 | 65,2 | |
| JDSO (Masa, 2010) | 185,42 | 65,52 | |
| JDSO (Nugent+, 2011) | 186 | 66,7 | |
| WDS (Mason+, 2012) | 185 | 65,5 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | |
| SAO 49332 EN CYGNUS | | | |
| 20136+4644 STF 4050 | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | 330 | 36,3 | 2012,610 |
| Referencias | | | |
| Astrogeek (Burton, 2012) | 328 | 35,8 | |
| CCDM (Dommanget, 2002) | 331 | 36,6 | |
| OAG (Janny, 1991) | 327,8 | 35,8 | |
| WDS (Mason+, 2012) | 327 | 36 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | |
| SAO 88275 EN SAGITTA | | | |
| 20099+2055B STF 2637 | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | 333 | 11,6 | 2012,609 |
| Referencias | | | |
| Astrogeek (Burton, 2012) | 330 | 11,7 | |
| CCDM (Dommanget, 2002) | 325 | 11,9 | |
| Herschel (McEvoy, 2011) | 332 | 11,5 | |
| Hipparcos (Turon+, 1993) | 331 | 11,2 | |
| OAG (Comellas, 1980) | 325 | 12 | |
| WDS (Mason+, 2012) | 331 | 11,6 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | |
| SAO 106301 EN DELPHINUS | | | |
| 20368+14444 STF 2703 | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | 290 | 25,2 | 2012,702 |
| Referencias | | | |
| Astrogeek (Burton, 2012) | 290 | 25,2 | |
| Cal-Sky | 290 | 25,2 | |
| Eagle Creek (Muenzler, 2003) | 290 | 25,3 | |
| Herschel (McEvoy, 2011) | 290 | 25 | |
| JDSO (Masa, 2010) | 289,52 | 25,442 | |
| JDSO (Schlimmer, 2008) | 290,2 | 25,26 | |
| JDSO (Schlimmer, 2009) | 290,2 | 25,03 | |
| OAG (Comellas, 1973) | 290 | 26 | |
| OAG (Comellas, 1980) | 290 | 25 | |
| WDS (Mason+, 2012) | 290 | 25 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | |
| SAO 106819 EN DELPHINUS | | | |
| 21049+1227 HJ 1608 | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | 257 | 20,0 | 2012,702 |
| Referencias | | | |
| Cal-Sky | 257 | 20,1 | |
| Eagle Creek (Muenzler, 2003) | 258 | 19,8 | |
| JDSO (Spangle, 2007) | 257,1 | 20,1 | |
| WDS (Mason+, 2012) | 257 | 20,1 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | |
| SAO 72247 EN PEGASUS | | | |
| 22205+3507 STT 469 | THETA | RHO | ÉPOCA |
| Valores del Autor | 293 | 27,2 | 2012,722 |
| Referencias | | | |
| Eagle Creek (Muenzler, 2003) | 287 | 28,7 | |
| WDS (Mason+, 2012) | 293 | 27 | |
| Cámara modelo 402 de SBIG | CCD Soft v5 | SKY X | |

Observación de estrellas dobles olvidadas: 2ª serie

Neglected Double Stars Observations: 2nd series

Lluís Ribé de Pont

- ¹Agrupación Astronómica de Sabadell (AAS, España)
- Correo-e: lbribé@terra.es

En este artículo presentamos las medidas de 100 estrellas dobles abandonadas, extraídas del WDS, realizadas desde una zona urbana cercana a Barcelona.

We present measurements of 100 neglected pairs, extracted from the WDS. They are made from an urban area near Barcelona.

Introducción

EN UN ANTERIOR ARTÍCULO (Ribé, 2012) se presentaban los primeros resultados de medidas de estrellas dobles realizados desde el Observatorio Viamar (MPC 84), situado en la azotea de mi domicilio en Badalona (Barcelona).

Ahora presentamos las medidas de 100 estrellas dobles abandonadas a partir de imágenes CCD tomadas entre los meses de mayo y septiembre. Se trata de estrellas pocas veces observadas, recogidas en el elenco de *neglecteds* del WDS.

En primer lugar se ha realizado un filtrado de la zona (A.R. entre 14 h y 21 h) con la base de datos de estrellas abandonadas, siguiendo los criterios de que la última medida fuera anterior a 1975, con una separación mayor a 6" y una magnitud en la secundaria menor o igual a 13. A continuación hemos intentado localizar estas estrellas sobre imágenes de catálogo. De cada sistema y mediante Aladín hemos obtenido imágenes (POSSI y POSSII) con el fin de identificarlas en las coordenadas indicadas por el WDS.

Se ha utilizado un telescopio Schmidt-Cassegrain *Celestron* de 203 mm, sobre una montura ecuatorial alemana computerizada CGEM de *Celestron*. La focal del sistema es de 2030 mm f/10.

Las imágenes han sido tomadas con una CCD monocroma Atik 161C-S, que con un tamaño de píxel de 8,3 x 8,3 micras nos proporciona un campo de 10,7'

x 8,3'. Se ha trabajado a foco primario con una resolución de 0,91"/píxel.

Para cada par se han tomado 100 imágenes y 20 darks, utilizando para la captura el software Astroart 5.0. Para gobernar el telescopio se ha hecho uso del programa The Sky6 Pro.

La reducción astrométrica ha sido realizada con el software Reduc de Florent Losse, tomándose imágenes de una estrella de calibración al principio, mitad y al final de cada sesión para, a partir de éstas, poder calcular el ángulo de rotación y la escala de las imágenes. Este procedimiento también nos sirve de control, para asegurarnos de que la cámara no se ha movido de su posición inicial, a lo largo de la sesión, con lo que evitamos introducir errores posteriores en nuestras medidas.

Astrometría relativa

En la tabla 1 (página siguiente) se listan los resultados obtenidos para cada uno de los 100 pares, así como algunos datos complementarios en forma de notas.

Álbum fotográfico

En la tabla 2 se muestran las imágenes de los pares recogidos en la sección *Notas*. Son recortes de 128x128 píxeles, excepto el primero, procedentes de las imágenes FIT originales registradas. Todas las imágenes están orientadas con el norte arriba y el este a la izquierda. En algunas imágenes se identifican las

componentes con las respectivas letras siguiendo la norma habitual (A, B, C). 

Referencias

Ribé, L., 2012, *Observación de 33 estrellas dobles olvidadas*, OED, 9, 51-52
 Mason, B. D., Wycoff, G. L., Hartkppof, W. I., Doug-

las, G. G., Worley, C. E., *The Washington Visual Double Star Catalog (WDS)*. <http://ad.usno.navy.mil/wds>

Aladin. Centre de Données astronomiques de Strasbourg, <http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>

Astroart: <http://www.msb-astroart.com/>

Software Bisque, Inc. 912 12th Street Golden, Colorado, 80401-11141 USA <http://www.bisque.com>

Reduc. Florent Losse. <http://astrosurf.com/hfosaf/>

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

| ID. WDS | DESC. | COMP. | MAG.A | MAG.B | THETA (°) | THETA ERROR | RHO (") | RHO ERROR | ÉPOCA | NOTAS |
|------------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------------|---------|-----------|----------|-------|
| 14230+3616 | HJ 548 | AB | 130 | 97 | 249,5 | 0,05 | 137,21 | 0,107 | 2012,943 | 1 |
| 14230+3616 | HJ 548 | AC | 130 | 92 | 286,8 | 0,09 | 123,56 | 0,074 | 2012,943 | 2 |
| 14230+3616 | HJ 548 | AD | 130 | 94 | 314,2 | 0,07 | 151,59 | 0,091 | 2012,943 | 3 |
| 14230+3616 | HJ 548 | AE | 130 | 97 | 347,6 | 0,07 | 134,59 | 0,052 | 2012,943 | 4 |
| 14230+3616 | HJ 548 | AF | 130 | 97 | 26,7 | 0,09 | 122,68 | 0,09 | 2012,943 | 5 |
| 14257+2338 | BU 1442 | AD | 95 | 121 | 218,2 | 0,09 | 162,58 | 0,09 | 2012,943 | |
| 14500+2837 | HJ 5489 | | 580 | 106 | 21,3 | 0,11 | 110,60 | 0,079 | 2012,943 | |
| 14551+2323 | POU 3177 | | 124 | 128 | 174,7 | 0,45 | 8,25 | 0,089 | 2012,455 | |
| 15104+2410 | POU 3180 | | 108 | 117 | 305,1 | 0,35 | 18,69 | 0,085 | 2012,455 | |
| 15283+2341 | HO 629 | | 82 | 122 | 111,7 | 0,28 | 21,02 | 0,081 | 2012,943 | |
| 15346+4331 | STF 1961 | AC | 92 | 124 | 327,2 | 0,18 | 55,23 | 0,085 | 2012,455 | |
| 15364+3723 | FOX 190 | AC | 87 | 122 | 271,7 | 0,15 | 59,73 | 0,087 | 2012,943 | |
| 15503+3114 | HJ 2792 | | 11 | 12 | 351,6 | 0,45 | 26,85 | 0,096 | 2012,943 | |
| 15530+3913 | HJ 1280 | | 99 | 129 | 1,3 | 0,27 | 32,46 | 0,102 | 2012,943 | |
| 16070+2310 | POU 3213 | | 118 | 118 | 346,9 | 0,36 | 8,53 | 0,095 | 2012,455 | |
| 16134+2431 | POU 3216 | | 123 | 129 | 294,8 | 0,32 | 14,06 | 0,103 | 2012,455 | |
| 16139+4736 | ES 1088 | BC | 116 | 127 | 196,6 | 0,37 | 10,51 | 0,089 | 2012,455 | 6 |
| 16177+3914 | HJ 584 | | 103 | 115 | 202,0 | 0,34 | 15,31 | 0,073 | 2012,455 | |
| 16219+1909 | SHJ 227 | BC | 98 | 122 | 299,0 | 0,13 | 81,97 | 0,088 | 2012,455 | |
| 16258+0542 | STF 2042 | | 86 | 114 | 133,2 | 0,31 | 9,38 | 0,106 | 2012,455 | |
| 16407+0547 | J 447 | CD | 115 | 115 | 48,4 | 0,41 | 10,53 | 0,106 | 2012,455 | |
| 16465+4759 | ES 1089 | AC | 96 | 127 | 30,6 | 0,26 | 32,52 | 0,094 | 2012,455 | |
| 17046+3900 | HJ 2804 | AB | 95 | 118 | 240,8 | 0,38 | 6,55 | 0,091 | 2012,455 | |
| 17046+3900 | HJ 2804 | AC | 95 | 116 | 174,4 | 0,1 | 83,91 | 0,096 | 2012,455 | |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| ID. WDS | DESC. | COMP. | MAG.A | MAG.B | THETA (°) | THETA ERROR | RHO (") | RHO ERROR | ÉPOCA | NOTAS |
|------------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------------|---------|-----------|----------|-------|
| 17586+2417 | POU 3331 | | 112 | 122 | 212,2 | 0,36 | 8,41 | 0,097 | 2012,455 | |
| 18003+5251 | STF 2271 | AC | 77 | 124 | 18,2 | 0,06 | 160,97 | 0,088 | 2012,455 | |
| 18004+5704 | STI 2364 | | 112 | 120 | 299,3 | 0,31 | 16,64 | 0,099 | 2012,455 | |
| 18025+2619 | HO 564 | AB | 699 | 128 | 338,4 | 0,27 | 65,86 | 0,068 | 2012,455 | |
| 18025+2619 | HO 564 | AC | 71 | 110 | 59,8 | 0,07 | 111,36 | 0,076 | 2012,455 | |
| 17162+2401 | POU 3275 | | 125 | 127 | 85,5 | 0,48 | 8,76 | 0,107 | 2012,496 | |
| 17172+2421 | POU 3279 | | 125 | 127 | 170,0 | 0,31 | 13,38 | 1,117 | 2012,496 | 7 |
| 17209+2430 | S 687 | AC | 512 | 118 | 20,1 | 0,04 | 240,42 | 0,096 | 2012,496 | |
| 17281+4616 | STN 35 | | 108 | 113 | 183,9 | 0,33 | 7,54 | 0,104 | 2012,496 | |
| 17318+5349 | BEM 27 | | 118 | 120 | 204,9 | 0,33 | 13,05 | 0,101 | 2012,496 | 8 |
| 17348+0601 | PWS 16 | AF | 79 | 16 | 192,6 | 0,05 | 212,67 | 0,08 | 2012,496 | |
| 17348+0601 | PWS 16 | AI | 79 | 13 | 340,6 | 0,09 | 187,05 | 0,085 | 2012,496 | |
| 17374+5040 | ES 2661 | BC | 97 | 127 | 18,4 | 0,44 | 14,75 | 0,08 | 2012,496 | |
| 17444+4027 | ES 9004 | | 79 | 127 | 246,3 | 0,4 | 13,20 | 0,086 | 2012,496 | |
| 17478+2536 | HJ 1304 | | 110 | 115 | 225,4 | 0,41 | 7,50 | 0,07 | 2012,496 | |
| 18053+0504 | BAL 3013 | | 92 | 114 | 78,5 | 0,4 | 6,24 | 0,099 | 2012,496 | |
| 18392+2341 | POU 3454 | | 120 | 122 | 275,1 | 0,27 | 13,23 | 0,092 | 2012,496 | 9 |
| 18394+3430 | SEI 568 | | 109 | 114 | 192,2 | 0,39 | 10,46 | 0,064 | 2012,496 | |
| 18408+1214 | HJ 1334 | | 83 | 127 | 92,3 | 0,4 | 11,15 | 0,09 | 2012,496 | |
| 18459+5731 | STI 2386 | | 120 | 126 | 10,1 | 0,46 | 17,12 | 0,087 | 2012,496 | |
| 18598+2336 | POU 3636 | | 126 | 127 | 40,8 | 0,33 | 16,31 | 0,087 | 2012,496 | 10 |
| 19009+3714 | MLB 758 | AC | 96 | 100 | 146,3 | 0,42 | 8,86 | 0,089 | 2012,704 | |
| 19009+3714 | MLB 758 | AB | 96 | 100 | 28,0 | 0,5 | 9,31 | 0,082 | 2012,704 | |
| 19012+5730 | STI 2405 | | 91 | 121 | 192,3 | 0,3 | 21,76 | 0,094 | 2012,704 | |
| 19020+1907 | HJ 2851 | AB | 68 | 111 | 164,2 | 0,47 | 14,11 | 0,09 | 2012,704 | |
| 19060+2105 | J 2943 | AB | 92 | 120 | 320,9 | 0,2 | 34,26 | 0,08 | 2012,704 | |
| 19069+2210 | STF 2455 | AC | 71 | 119 | 20,3 | 0,06 | 99,22 | 0,77 | 2012,704 | |
| 19070+5613 | STI 2414 | | 121 | 123 | 84,3 | 0,3 | 13,31 | 0,091 | 2012,704 | |
| 19074+3230 | STF 2461 | Aa | 526 | 114 | 41,9 | 0,27 | 39,19 | 0,088 | 2012,704 | |
| 19079+4050 | HJ 1370 | AC | 88 | 112 | 325,7 | 0,39 | 26,14 | 0,096 | 2012,704 | |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

| ID. WDS | DESC. | COMP. | MAG.A | MAG.B | THETA (°) | THETA ERROR | RHO (") | RHO ERROR | ÉPOCA | NOTAS |
|------------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------------|---------|-----------|----------|-------|
| 19082+0859 | HJ 876 | | 78 | 109 | 354,5 | 0,37 | 23,23 | 0,092 | 2012,704 | |
| 19089+5332 | BEM 38 | | 112 | 112 | 284,4 | 0,38 | 13,30 | 0,099 | 2012,704 | 11 |
| 19091+4502 | ARG 83 | AB | 105 | 125 | 236,4 | 0,4 | 16,60 | 0,092 | 2012,704 | |
| 19097+2320 | POU 3733 | | 125 | 126 | 356,7 | 0,5 | 19,27 | 0,099 | 2012,704 | |
| 19098+4433 | HJ 1374 | AB | 89 | 126 | 356,7 | 0,5 | 19,27 | 0,099 | 2012,704 | |
| 19100+2441 | HJ 1372 | | 97 | 126 | 101,3 | 0,35 | 11,99 | 0,093 | 2012,704 | |
| 19139+2753 | MLB 695 | | 106 | 126 | 44,3 | 0,38 | 9,24 | 0,088 | 2012,704 | |
| 19145+3434 | HO 648 | Aa | 71 | 127 | 92,1 | 0,36 | 15,56 | 0,091 | 2012,704 | |
| 19159+2018 | J 2959 | AB | 81 | 100 | 186,9 | 0,13 | 93,12 | 0,097 | 2012,704 | |
| 21001+4911 | HJ 1604 | | 102 | 110 | 142,7 | 0,09 | 30,33 | 0,091 | 2012,589 | |
| 21003+3543 | SEI 1361 | | 103 | 110 | 281,0 | 0,33 | 20,83 | 0,09 | 2012,589 | |
| 21011+2345 | POU 5097 | | 108 | 119 | 281,2 | 0,41 | 6,35 | 0,084 | 2012,589 | |
| 21020+2515 | POU 5102 | AB | 120 | 126 | 312,7 | 0,4 | 18,24 | 0,102 | 2012,589 | |
| 21023+3931 | H 4 113 | AC | 662 | 125 | 249,0 | 0,29 | 26,65 | 0,075 | 2012,589 | |
| 21028+3534 | SEI 1376 | AC | 100 | 110 | 271,7 | 0,4 | 11,42 | 0,068 | 2012,589 | |
| 21036+3701 | SEI 1382 | | 110 | 110 | 154,3 | 0,14 | 6,12 | 0,097 | 2012,589 | |
| 21038+3643 | SEI 1385 | | 101 | 110 | 240,8 | 0,33 | 24,71 | 0,098 | 2012,589 | |
| 21054+0557 | BUP 224 | | 594 | 124 | 300,7 | 0,17 | 30,65 | 0,092 | 2012,589 | |
| 21045+2807 | MLB 665 | | 100 | 110 | 326,7 | 0,49 | 8,37 | 0,083 | 2012,605 | |
| 21059+2458 | POU 5151 | | 123 | 129 | 28,7 | 0,27 | 12,65 | 0,09 | 2012,605 | |
| 21061+3558 | SEI 1401 | | 105 | 110 | 332,9 | 0,32 | 10,50 | 0,087 | 2012,605 | |
| 21066+3623 | SEI 1405 | | 110 | 115 | 314,2 | 0,39 | 8,47 | 0,093 | 2012,605 | |
| 21069+2506 | POU 5168 | | 123 | 124 | 231,0 | 0,36 | 10,57 | 0,09 | 2012,605 | 12 |
| 21071+4134 | HJ 1613 | | 95 | 115 | 5,1 | 0,38 | 16,37 | 0,101 | 2012,605 | |
| 21076+2346 | POU 5177 | | 112 | 123 | 250,7 | 0,43 | 13,65 | 0,101 | 2012,605 | |
| 21085+3614 | SEI 1412 | | 108 | 113 | 63,9 | 0,44 | 9,16 | 0,078 | 2012,605 | |
| 21094+3716 | SEI 1419 | | 110 | 110 | 321,7 | 0,32 | 17,56 | 0,059 | 2012,605 | 13 |
| 21097+2400 | POU 5205 | | 127 | 129 | 28,3 | 0,41 | 16,49 | 0,101 | 2012,605 | |
| 21100+2354 | POU 5211 | | 125 | 128 | 328,4 | 0,32 | 10,61 | 0,097 | 2012,605 | 14 |
| 21101+5715 | STI 2561 | | 128 | 128 | 183,1 | 0,47 | 14,40 | 0,099 | 2012,605 | 15 |

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

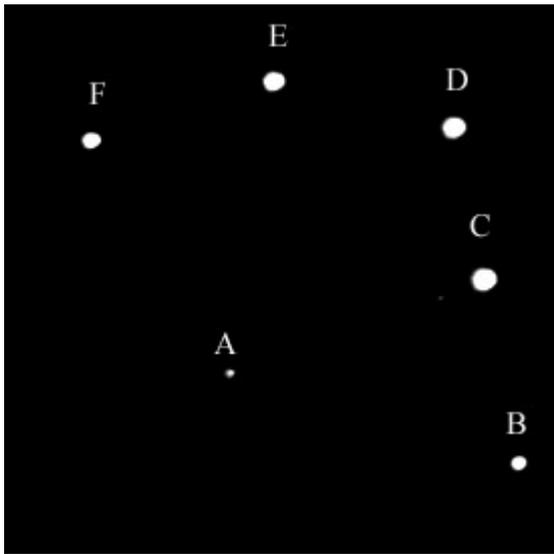
| ID. WDS | DESC. | COMP. | MAG.A | MAG.B | THETA (°) | THETA ERROR | RHO (") | RHO ERROR | ÉPOCA | NOTAS |
|------------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------------|---------|-----------|---------|-------|
| 21105+3606 | SEI 1428 | | 95 | 110 | 144,0 | 0,35 | 19,12 | 0,103 | 2012,63 | |
| 21107+3741 | SEI 1432 | | 111 | 116 | 43,7 | 0,49 | 7,80 | 0,093 | 2012,63 | |
| 21107+3616 | SEI 1431 | | 108 | 110 | 149,3 | 0,37 | 20,63 | 0,085 | 2012,63 | |
| 21108+3818 | ALI 682 | | 128 | 129 | 127,0 | 0,35 | 9,03 | 0,084 | 2012,63 | |
| 21110+3919 | MLB 891 | | 95 | 100 | 253,5 | 0,36 | 8,66 | 0,095 | 2012,63 | 16 |
| 21114+2348 | POU 5232 | | 115 | 128 | 323,5 | 0,47 | 17,62 | 0,087 | 2012,63 | 17 |
| 21115+4115 | STT 431 | BC | 89 | 124 | 355,1 | 0,11 | 56,13 | 0,079 | 2012,63 | |
| 21118+2403 | POU 5241 | AB | 142 | 117 | 236,7 | 0,5 | 13,92 | 0,067 | 2012,63 | 18 |
| 21121+3539 | SEI 1441 | | 95 | 110 | 158,0 | 0,34 | 13,97 | 0,077 | 2012,63 | |
| 21122+3828 | SMA 137 | | 100 | 110 | 301,7 | 0,42 | 9,70 | 0,093 | 2012,63 | 19 |
| 21129+3717 | SEI 1449 | | 110 | 110 | 295,7 | 0,36 | 13,99 | 0,093 | 2012,63 | 20 |
| 21140+3755 | SEI 1457 | | 115 | 117 | 27,6 | 0,33 | 10,63 | 0,062 | 2012,63 | 21 |
| 21143+0705 | HJ 3015 | | 112 | 115 | 264,2 | 0,31 | 16,28 | 0,093 | 2012,63 | |
| 21144+2905 | STF 2779 | AC | 90 | 125 | 71,7 | 0,17 | 67,68 | 0,092 | 2012,63 | |
| 21145+3635 | SEI 1462 | | 100 | 110 | 231,9 | 0,41 | 11,20 | 0,095 | 2012,63 | |
| 21153+2848 | MLB 488 | | 108 | 128 | 307,2 | 0,29 | 11,29 | 0,083 | 2012,63 | |

Notas

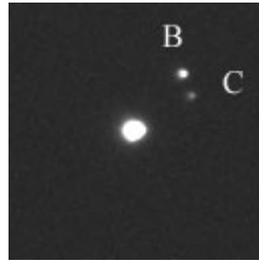
- HJ 548 AB:** La estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- HJ 548 AC:** La estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- HJ 548 AD:** La estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- HJ 548 AE:** La estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- HJ 548 AF:** La estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- ES 1088 BC:** El par está situado en las coordenadas 16 13 53 + 47 36 07
- POU 3279:** El par está situado en las coordenadas 17 16 +24 20 56
- BEM 27:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- POU 3454:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- POU 3636:** El par está situado en las coordenadas 18 59 49 + 23 36 07

- BEM 38:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- POU 5168:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- SEI 1419:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- POU 5211:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- STI 2561:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- MLB 891:** El par está situado en las coordenadas 21 10 58 +39 19 11
- POU 5232:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- POU 5241 AB:** La estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- SMA 137:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- SEI 1449:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
- SEI 1457:** En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.

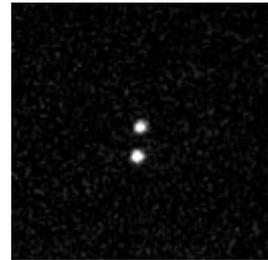
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



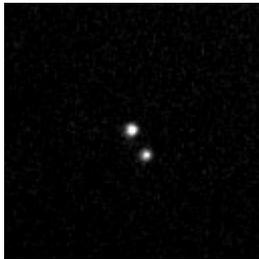
HJ 548



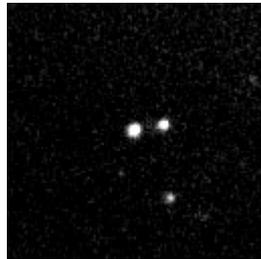
ES 1088 BC



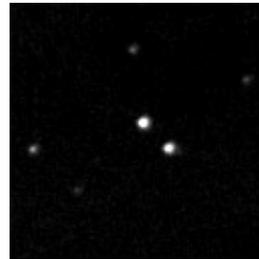
POU 3279



BEM 27



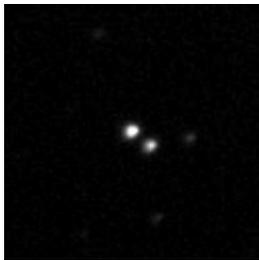
POU 3454



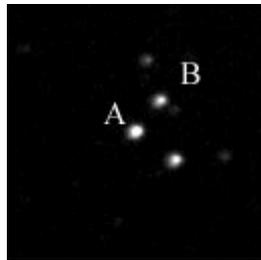
POU 3636



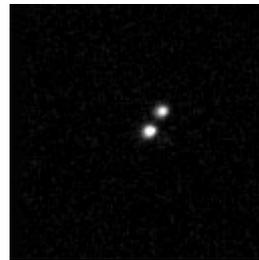
BEM 38



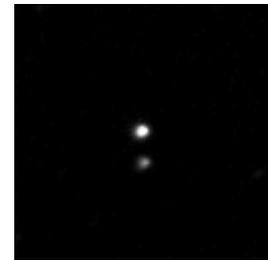
POU 5168



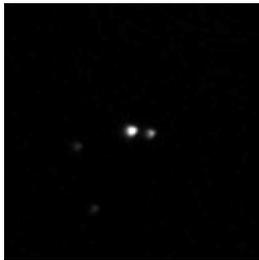
SEI 1419



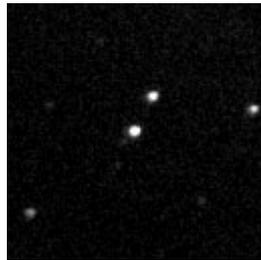
POU 5211



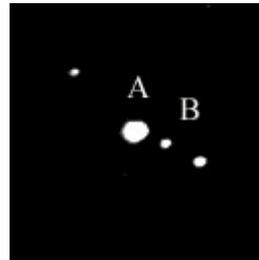
STI 2561



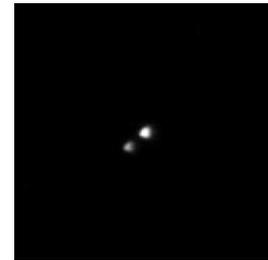
MLB 891



POU 5232



POU 5241 AB



SMA 137



SEI 1449



SEI 1457

Mediciones astrométricas de estrellas dobles durante 2010/2011

Astrometrical measurements of Double Stars during 2010/2011

Ángel Manuel López^{1,2}, Francisco Caleyá¹ y Miguel Muro¹

■ ¹Agrupación Astronómica de Madrid (AMM, España), ²Coordinador de la Sección de Estrellas Dobles
 ■ Correo-e: anmalobo@gmail.com

Durante los años 2010 y 2011, el Grupo de Estrellas Dobles (en adelante, G.E.D.) de la Agrupación Astronómica de Madrid, realizó una campaña de observación y medición de estrellas dobles que, aunque según su histórico de medidas en el WDS, constan de un buen número de medidas, nos resultó interesante actualizar sus parámetros a una fecha más reciente y poder caracterizar estos pares lo mejor posible (naturaleza del par, tipo espectral de ambas componentes, etc.).

In this paper, we report the results of measurements of double stars in 2010 and 2011. In this case, we selected stars around several bright stars belonging to the asterism of a constellation, and, then, we looked for pairs which we considered interesting and they needed to be updated.

Introducción

A LA HORA DE BUSCAR PARES cuyos datos requerían una actualización, se cambió la metodología de la selección. Hasta ahora lo que el GED venía haciendo era buscar dobles por constelaciones, las cuales fueran visibles según el trimestre y a diferentes declinaciones para que los observadores pudieran elegir la zona celeste más conveniente.

En vez de seleccionar una constelación completa, lo que se hizo fue escoger una estrella, relativamente brillante, del asterismo de la constelación, manteniendo la elección de constelaciones a diferentes declinaciones. Una vez seleccionada, y utilizando el software *Cartes Du Ciel*, se centraba dicha estrella de referencia en el centro del campo que da un buscador con un campo aparente de 5°. Dentro, o en los alrededores, de este campo se buscaron pares interesantes, consultando también en el catálogo WDS, con la idea de que los valores de separación angular y ángulo de separación estén lo más actualizados posible.

En la tabla 1 se muestran las zonas elegidas, excepto el mes de noviembre.

El número total de pares seleccionados para su medición y estudio ascendió a 55 pares, de los cuales fueron medidos y estudiados un total de 6.

Equipo utilizado

El equipo utilizado en las mediciones estaba compuesto por un refractor Takahashi TOA-130F

| PERÍODO | CONSTELACIÓN | ESTRELLA/S DE REFERENCIA |
|--------------|-----------------|--------------------------|
| Junio | Bootes | Rho y Sigma Boo |
| | Corona Borealis | Alfa CrB |
| | Libra | Beta e Iota Lib |
| | Serpens Caput | Delta Ser |
| Julio-Agosto | Aquila | Alfa Aql |
| | Hercules | Alfa Her |
| | Ophiuchus | Eta Oph |
| | Sagittarius | Lambda Sag |
| | Scorpius | Beta y Epsilon Sco |
| | Scutum | Beta Scu |
| Septiembre | Aquarius | Psi Aqr |
| | Cepheus | Zeta Cep |
| | Pegasus | Alfa Peg |
| Noviembre | Varias | |

Tabla 1. Zonas y estrellas de referencia.

compuesto por un refractor Takahashi TOA-130F (Ø130 mm, F=1000 mm, f/7,7, con flattenner) y una CCD Luna QHY 9. Esta cámara posee un chip Kodak KAF8300, con un tamaño de píxel de 5,4 x 5,4 micras y un tamaño de imagen de 3358 x 2536 píxeles. Con esta configuración la resolución final era de 1,11"/píxel.

Mediciones

Los valores de la astrometría relativa de cada par estudiado fueron obtenidos a partir de las imágenes procedentes de CCD, utilizando las aplicaciones *Astrometrica* (desarrollado por Herbert Raab, www.astrometrica.at) y *Dobles* (desarrollado por Julio Castellano), en combinación con el catálogo UCAC3 (Zacharias *et al.*, 2009). En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos.

También fue utilizado el software *FV* para medir placas procedentes del DSS y del 2MASS.

Fotometría

En todos los casos, las magnitudes de las componentes primarias están registradas dentro del catálogo Tycho-2 (Hog *et al.*, 2000), las cuales fueron convertidas al sistema estándar para permitir comparar estos valores con los obtenidos con CCD. En los casos en que la magnitud de la componente secundaria no estaba disponible, su magnitud V (o B-V) se calculó a partir de sus magnitudes infrarrojas JHK del 2 MASS y/o r' del CMC-14. En la tabla 3a se muestran estas magnitudes así como la obtenida con CCD; mientras que en la tabla 3b indicamos los tipos espectrales que obtuvimos a partir de la fotometría profesional, así como los tipos espectrales que aparecen en la literatura profesional.

Para obtener la fotometría CCD, fueron utilizados los catálogos USNO A-2 y CMC 14 a través de *Astrometrica* en combinación con el software *FOCAS II* (desarrollado por Julio Castellano), con los cuales se obtuvieron las magnitudes de cada componente, siendo unas 0,2 magnitudes más débiles que las listadas en los catálogos profesionales. Hay que indicar que en ningún caso se utilizó filtro fotométrico.

Naturaleza

A la hora de determinar la naturaleza de cada par hemos utilizado dos métodos:

- Método de Halbwachs (modificado por F. Rica).
- Criterio de conservación de la energía y velocidad orbital (Rica, 2011), en el cual se compara la velocidad total relativa con la velocidad de escape.

Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de cada par (tabla 2, página siguiente).

Comentarios

—WDS 00199+3436 (GYL 76)

Según el WDS (Hartkopf *et al.*, 2010), este sistema fue medido en 4 ocasiones. La primera medida oficial data de 1894 (13,15" y 41,4°; 1894,72) (Urban *et al.*, 1998).

La última en 2007 por A. Bertoglio (Bertoglio, 2010) (7,28" y 307,9°; 2007,685). En 103 años, la separación ha disminuido en 5,87" y el ángulo de posición ha variado en casi 100°. En la tabla 2 se indican los valores de las mediciones de este par utilizando placas del DSS de los años en los cuales la pareja no fue medida.

Este sistema está compuesto por dos componentes cuyos brillos no superan la magnitud 10 (tabla 3a), con no excesiva diferencia de magnitudes ($\Delta M = 2$, en magnitud visual). Buscando información en la literatura profesional sobre el tipo espectral de ambas, no fue posible hallarla. Así pues, en la tabla 3b se indica el que estimamos a partir de la fotometría infrarroja y del catálogo Tycho-2, siendo la primaria una K2V y la secundaria, probablemente, una F6V.

Los valores de los movimientos propios de las componentes son muy diferentes, presentando la componente primaria un valor muy alto en AR (tabla 4), lo cual explicaría la variación tan rápida de la astrometría relativa del par. En consecuencia, se puede deducir, a la vista de estos valores, que este par es claramente óptico (figura 1).

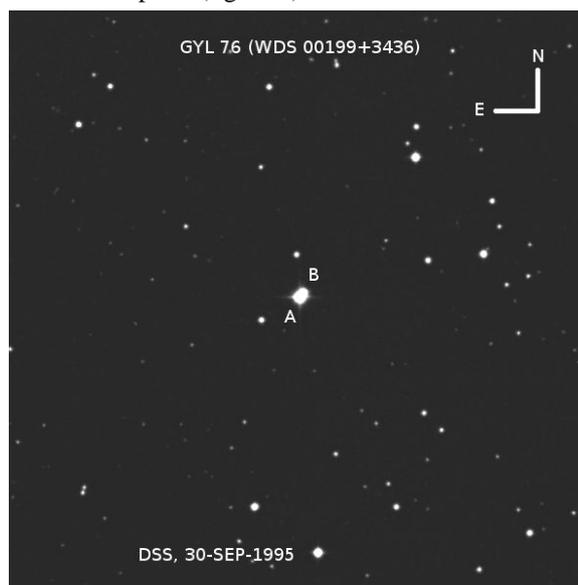


Figura 1

—WDS 16405-3418 (HWE 84)

De acuerdo con el histórico de medidas del WDS (Hartkopf *et al.*, 2010), este sistema fue medido por primera vez en 1876 por Howe (8,0" y 110°; 1876,20). La última medida data del año 2000 por 2MASS (2003) (10,29" y 112,2°; 2000,41). En 124 años, la separación angular ha aumentado en 2" mientras que el ángulo de posición lo ha hecho en 2°, antes de nuestra medida.

Este par está compuesto por componentes relativamente brillantes (de magnitudes 8 y 10 para la primaria y secundaria respectivamente), con ΔM de 1,83 en banda visual. En la tabla 3a se indican las magnitudes en banda B y V así como las infrarrojas

TABLA 2. SEPARACIÓN Y ÁNGULO DE POSICIÓN.

| ID WDS | NOMBRE | COORDS WDS (AR / DEC) | RHO(") | THETA (°) | ÉPOCA | MÉTODO |
|------------|------------|---------------------------|------------------|-----------------|----------|--------|
| 00199+3436 | GYL 76 | 00 19 54,9 / +34 36 06 | 7,87 | 3,58 | 1954,750 | DSS |
| | | | 5,8 | 335,7 | 1982,800 | DSS |
| | | | 6,34 | 328,5 | 1989,660 | DSS |
| 16405-3418 | HWE 84 | 16 40 31,52 / -34 18 11,5 | 10,24 (±0,05) | 112,0 (±0,6) | 2010,644 | CCD |
| 17080-1802 | HO 650 | 17 08 00,72 / -18 02 19,9 | 7,40 (± 0,03) | 223,9 (±0,2) | 2010,636 | CCD |
| 18290-2635 | WNO 6 | 18 28 57,36 / -26 34 55,5 | 42,12 (±0,16) | 182,0 (±0,1) | 2010,645 | CCD |
| 18487-0600 | STF 2391AB | 18 48 39,49 / -06 00 15,5 | 38,01 (±0,21) | 331,9 (±0,1) | 2010,644 | CCD |
| 19428+0823 | STF 2562AB | 19 42 45,86 / +08 22 57,5 | 27,19 (±0,06) | 251,4 (±0,1) | 2010,645 | CCD |

TABLA 3A. MAGNITUDES VISIBLES E INFRARROJAS.

| ID WDS | NOMBRE | MAG. V (CATÁLOGO/CCD) | | MAG. B (CATÁLOGO) | | MAG. IR (J/H/K) | | REFS. |
|------------|------------|--------------------------|-------------|----------------------|-------|--------------------|-----------------------|----------------------------|
| | | PRIM. | SEC. | PRIM. | SEC. | PRIM. | SEC. | |
| 00199+3436 | GYL 76 | 10,14 | 12,33 | 11,15 | 12,80 | 8,42/8,01/7,90 | 11,29/11,06/11,0 3 | Tycho-2 2MASS |
| 16405-3418 | HWE 84 | 8,22/8,33 | 10,05/10,24 | 9,43 | 11,04 | 6,09/5,53/5,37 | 8,28/7,82/7,67 | HIPPARCOS 2MASS |
| 17080-1802 | HO 650 | 10,16/10,40 | 11,45/11,31 | 10,72 | 12,21 | 9,02/8,75/8,66 | 9,85/9,46/9,39 | Tycho-2 CMC-14 2MASS |
| 18290-2635 | WNO 6 | 6,66/6,89 | 7,97/8,30 | 6,75 | 8,16 | 6,42/6,40/6,35 | 7,59/7,51/7,48 | Tycho-2 2MASS |
| 18487-0600 | STF 2391AB | 6,50/6,70 | 9,54/9,77 | 6,71 | 10,04 | 5,90/5,81/5,75 | 8,56/8,36/8,25 | HIPPARCOS 2MASS |
| 19428+0823 | STF 2562AB | 6,89/6,99 | 8,62/8,89 | 7,39 | 9,27 | 6,02/5,85/5,75 | 7,61/7,31/7,23 | Tycho-2 2MASS |

TABLA 3B. TIPOS ESPECTRALES.

| ID WDS | NOMBRE | PRIMARIA | | SECUNDARIA | | REFERENCIAS |
|------------|------------|-----------|--------------|------------|--------------|--|
| | | CALCULADO | REF. PROFES. | CALCULADO | REF. PROFES. | |
| 00199+3436 | GYL 76 | K2V | | F6V: | | |
| 16405-3418 | HWE 84 | K2 III | G8III | K0 III | | The Tycho-2 Spectral Type Catalog |
| 17080-1802 | HO 650 | G1V | G2/3V | G9 V | | The Tycho-2 Spectral Type Catalog |
| 18290-2635 | WNO 6 | A4V: | A3 III | A6V | A3 M | The Tycho-2 Spectral Type Catalog |
| 18487-0600 | STF 2391AB | A9V: | A0III/IV | F6V | F4V (2) | Tycho-2: Catalogue of Stellar Spectral Classifications |
| 19428+0823 | STF 2562AB | F5V | F 8 IV-V | G0V | F8 | Tycho-2 Spectral Type Catalog. |

TABLA 4. MOVIMIENTOS PROPIOS.

| ID WDS | NOMBRE | COMP. | MOV. PROPIO AR (MSA*AÑO ⁻¹) | | MOV. PROPIO DEC (MSA*AÑO ⁻¹) | | MOV. PROPIO RELATIVO (CALCULADO) (MSA*AÑO ⁻¹) | | REFERENCIAS |
|------------|------------|-------|---|-------|--|-------|---|------------|-------------------|
| | | | VALOR | ERROR | VALOR | ERROR | AR | DEC | |
| 00199+3436 | GYL 76 | A | 116,12 | 2,8 | 47,45 | 3,2 | | | PPMX |
| | | B | -10,63 | 2,2 | -12,82 | 2,2 | | | PPMX |
| 16405-3418 | HWE 84 | A | -8,82 | 1,7 | -12,55 | 1,6 | -4,15±1,81 | 4,34±1,48 | PPMX |
| | | B | -10,2 | 2,7 | -12,9 | 2,7 | | | PPMXL |
| 17080-1802 | HO 650 | A | -19,4 | 1,9 | -42,4 | 1,8 | 1,78±0,97 | -4,90±1,73 | Tycho-2 Catalogue |
| | | B | -21,4 | 1,9 | -48,4 | 1,9 | | | UCAC 3 |
| 18290-2635 | WNO 6 | A | -4,49 | 1,13 | -7,65 | 0,71 | 1,64±0,82 | -1,11±0,85 | HIPPARCOS |
| | | B | -5,35 | 1,56 | -6,11 | 0,96 | | | HIPPARCOS |
| 18487-0600 | STF 2391AB | A | 9,53 | 1,7 | 31,75 | 1,6 | -1,94±0,8 | -3,18±1,32 | PPMX |
| | | B | 11,05 | 1,4 | 34,60 | 1,4 | | | PPMX |
| 19428+0823 | STF 2562AB | A | 26,83 | 1,4 | 53,62 | 1,5 | 0,97±0,67 | -1,58±0,58 | PPMX |
| | | B | 25,38 | 1,4 | 50,91 | 1,3 | | | PPMX |

para cada componente. De acuerdo con la fotometría, obtuvimos que las dos componentes presentan una clase espectral muy similar (K2III y K0III).

En cuanto a su naturaleza y si nos fijamos en sus movimientos propios (tabla 4), las dos componentes presentan unos valores muy similares. Aplicando los métodos descritos en el punto 5, este par presenta una alta probabilidad de ser físico (orbital de período largo o par mpc). Habrá que seguir este sistema en próximos años para confirmar una naturaleza u otra (figura 2).

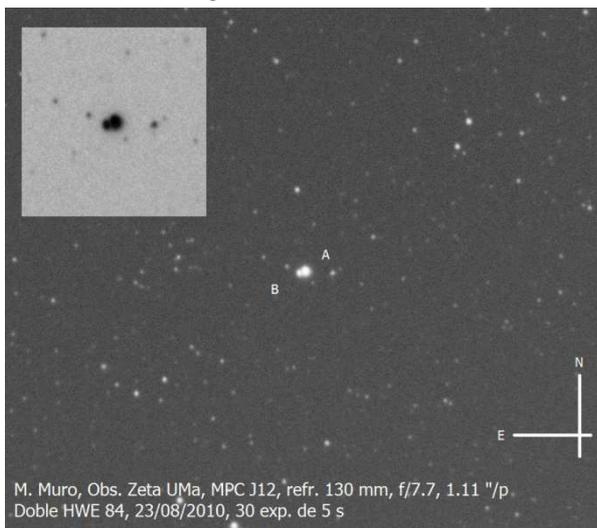


Figura 2

—WDS 17080-1802 (HO 650)

Consultado el histórico de medidas del WDS (Hartkopf *et al.*, 2010), la primera medida oficial data de 1895, realizada por Hough (1932) (8,09" y 221,1"; 1895,59). La última fue en 2008, realizada por Mason *et al.* (2010) (7,59" y 223,8; 2008,628). Como se puede comprobar, en 103 años, los valores de la astrometría relativa han cambiado muy poco. Así, la separación angular ha disminuido en 0,5" mientras que el ángulo lo ha hecho en casi 3°.

Este sistema está compuesto por dos estrellas de magnitudes similares (en banda V, 10,16 y 10,72 para la primaria y secundaria respectivamente, con DeltaM 0,56) (tabla 3a). Utilizando la fotometría y los movimientos propios, las clases espectrales que obtuvimos fueron G1V y G9V para la primaria y secundaria respectivamente. Sólo encontramos en la literatura profesional el tipo espectral para la primaria, siendo una G2-3V (tabla 3b).

En cuanto a su naturaleza, aplicando los métodos descritos en el punto 5, este par puede ser físico (bien orbital de largo período o un par mpc). Éste es otro par a seguir en los próximos años (figura 3).

—WDS 18290-2635 (WNO 6)

En el histórico de medidas del WDS (Hartkopf *et al.*, 2010), este sistema ha sido medido en un total de 14

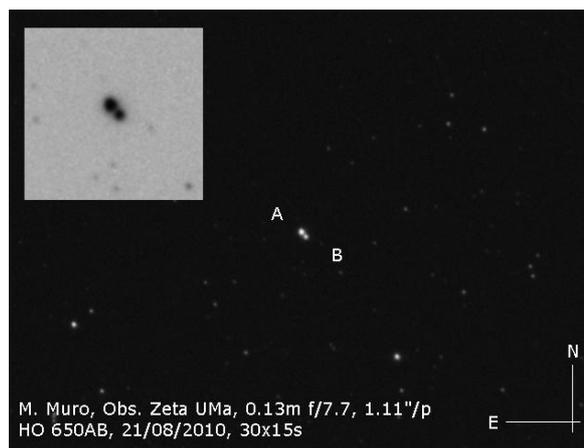


Figura 3

ocasiones. La primera medición oficial fue realizada en 1890 por Glasenapp (1892) (41,79" y 182,7"; 1890,50). La última data de 1999 por 2MASS (2003) (41,83" y 181,9"; 1999,52). Entre ambas fechas la separación apenas ha variado, tan sólo en 0,04", mientras que el ángulo ha disminuido en 0,8°. En la tabla 2 se indican nuestras medidas

Este par se compone de dos estrellas de brillos muy diferentes (con DeltaM de aproximadamente 1,5). A partir de la fotometría obtuvimos que las estrellas son enanas de la clase A (en la literatura profesional, la primaria está catalogada como una gigante de dicha clase) (tablas 3a y 3b). Además, según el WDS, la secundaria está considerada como sospechosa de variabilidad.

En cuanto a la naturaleza, empecemos a comparar los movimientos propios de cada componente. En la tabla 4 se puede comprobar que no hay mucha diferencia en los movimientos propios, además de ser pequeños y ambas estrellas se mueven en la misma dirección. Si aplicamos los métodos del punto 5, obtenemos que la naturaleza de este par no está muy clara. En este caso, habrá que seguir realizando medidas en próximos años para determinar su naturaleza (figura 4).

—WDS 18487-0600 (STF 239 IAB)

El histórico de medidas del WDS indica que este par ha sido medido en 29 ocasiones antes de nuestra medición. La primera medida oficial data de 1829, realizada por F. G. W. Struve (1837) (37,92" y 332,6"; 1829,69) y la última fue en 2006 por Mason *et al.* (2007) (38,38" y 331,6"; 2006,607). Se puede observar que en 177 años la separación ha aumentado en 0,4", mientras que el ángulo ha disminuido en 1°. En la tabla 2 se indican los resultados de la medición de este par.

Las dos componentes presentan una amplia diferencia de brillos (con DeltaM de 3 en banda V), además de ser relativamente brillantes. Así, en banda V, la magnitud de la primaria es 6,5 y la de la secundaria 9,54 (tabla 3a). Utilizando la fotometría B y V y la infrarroja, la clase espectral que obtuvimos para cada una de ellas fueron A9V (primaria) y F6V

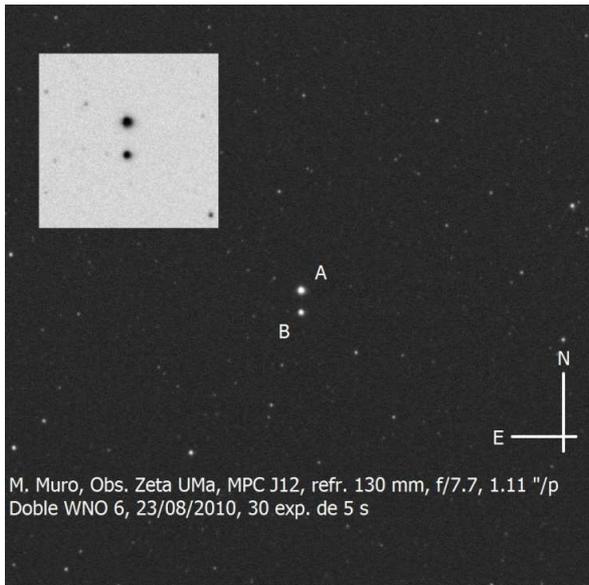


Figura 4

(secundaria). En la literatura profesional la clase espectral de la primaria es A0III/IV y la secundaria es F4V (tabla 3b).

En cuanto a su naturaleza, vemos que sus movimientos son parecidos, no hay una excesiva diferencia (tabla 4). Aplicando los métodos descritos en el punto 5, obtenemos que el criterio de Halbwachs modificado da una probabilidad del 76% de que sea física y el criterio de conservación de la energía y velocidad orbital podría considerarla como un par mpc (figura 5).

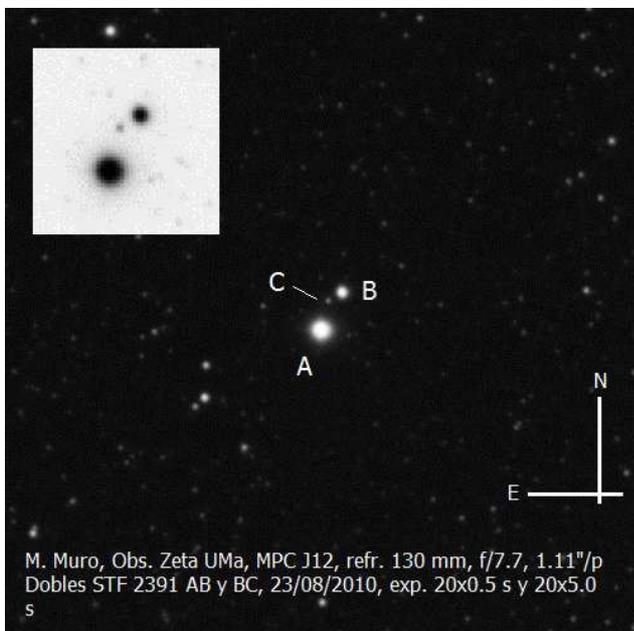


Figura 5

—WDS 19428+0823 (STF 2562AB)

Según el histórico de medidas del WDS, este par ha sido medido en 63 ocasiones, antes de nuestra medición. La primera medida oficial data de 1822, hecha por F. G. W. Struve (1837) (28,01" y 252,3°;

1822,63). La última, realizada en una fecha muy próxima a la nuestra en 2010, por Mason *et al.* (2011) (27,14" y 251,5°; 2010,386). En 188 años Rho ha disminuido en 0,87" mientras que Theta ha decrecido 0,8°.

Este sistema está formado por dos estrellas que no presentan mucha diferencia de brillos (en banda V DeltaM 0,5). Así la magnitud de A es 6,89 y la de B 7,39 (tabla 3a). Empleando la fotometría tanto visual como infrarroja, estimamos la clase espectral para las dos componentes, comparándolas con las que aparecen en la literatura profesional (tabla 3b). Los tipos de ambas estrellas son similares siendo A una F5V y la componente B una G0V.

En cuanto a su naturaleza, el histórico de medidas del WDS nos indica que la probabilidad de que sea un par físico es cercana al 100%. Otro dato a tener en cuenta, es que los movimientos propios de cada componente son muy similares tanto en módulo como en dirección. Utilizando los métodos descritos en el punto 5, éstos coinciden en que estamos ante un par físico. El método de Halbwachs, modificado por F. Rica, le da una probabilidad de 98% de ser un par físico (bien orbital de largo período o par de movimiento propio común). El método de Halbwachs, sin modificar, considera este par como de movimiento propio común. Sin embargo, con el segundo método no está clara la naturaleza (bien orbital de largo período o par de movimiento propio común), (figura 6).

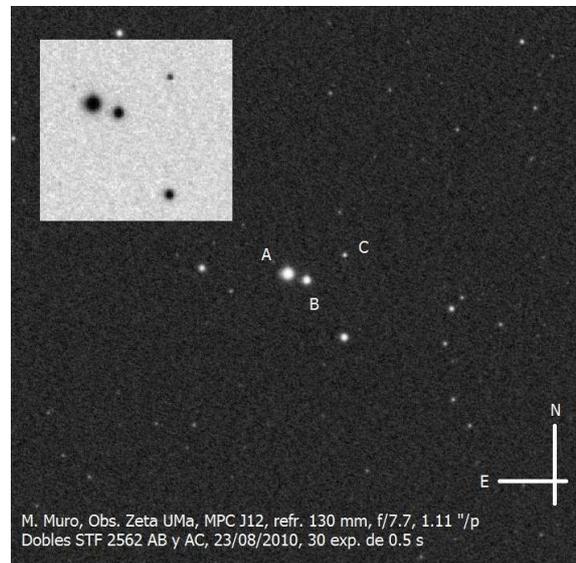


Figura 6

Agradecimientos

Este trabajo ha hecho uso de las herramientas SIMBAD y VIZIER del CDS (<http://cdsweb.u-strasbg.fr/>)

Esta investigación ha hecho uso del Washington Double Star Catalog mantenido en U.S. Naval Observatory.

Algunos los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos del Archivo Multimisión en el Instituto de Ciencia del Telescopio Espacial (MAST).

Este trabajo ha hecho uso del Archivo Científico Infrarrojo de la NASA/IPAC, el cual es manejado por el Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. 

Referencias

- Bertoglio, A., 2010, JDSO, 6, 116
- Carlsberg Meridian Catalog Number 14 Copenhagen University Obs., Institute of Astronomy, Cambridge, UK, Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, 2006.
- Cutri, R.M., *et al.*, 2003, The 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources. University of Massachusetts and Infrared Processing and Analysis Center IPAC/California Institute of Technology).
- ESA. 1997. The Hipparcos and Tycho Catalogues Digital Sky Survey (DSS) <http://stdatu.stsci.edu/>
- Glazenapp, S., 1892, Mesures d'Etoiles Doubles, v1, Imp. Acad. Sci. St. Petersburg
- Hartkopf, W. I.; Mason, B. D. & Wycoff, G. L., 2006, The Washington Double Star Catalog. <http://www.usno.navy.mil/USNO/astrometry/optical-IR-prod/wds/WDS>.
- Hog E., *et al.*, 2000, The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 Million Brightest Stars AA 355, L27
- Hough, G. W., 1932, Cited in ADS (Aitken Double Star Cat.).
- Howe, H. A., 1876, Pub. Cincinnati Obs. #1.
- Mason, B. D., Hartkopf, W. I., Wycoff, G. L., & Wieder, G., 2007, AJ 134, 1671
- Mason, B. D., Hartkopf, W. I., & Wycoff, G.L., 2011, AJ, 142, 46.
- Mason, B. D., Hartkopf, W. I., & Wycoff, G. L., 2010, AJ 140, 480.
- Roeser S., Schilbach E., Schwan H., Kharchenko N.V., Piskunov A.E., Scholz R.-D., 2008, PPM-Extended, a catalogue of positions and proper motions, AA, 488, 401.
- Roeser, S., Demleitner, M., Schilbach, E., 2010, The PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS. Combining USNO-B1.0 and the two Micron All Sky Survey (2MASS), AJ, 139, 2440.
- Rica, F., 2011, JDSO, 7, 4.
- Skiff, B. A., 2012, General Catalogue of Stellar Spectral Classifications (Version 2010-Mar), Lowell Observatory.
- Struve, F. G. W., 1837, Mensurae Micrometricae, Petropoli
- Wright, C. O., Egan, M. P., Kraemer, K. E., Price, S. D., 2003, The Tycho-2 Spectral Type Catalog, AJ, 125, 359.
- The Hipparcos and Tycho Catalogues (ESA 1997).
- Zacharias, N. *et al.*, 2010, The Third U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC3), AJ, 139-2184.

Software

- Raab, H., 1993-2011, Software Astrometrica. Disponible en: <http://www.astrometrica.at>.
- Cartes Du Ciel: <http://www.ap-i.net/skychart/start>
- FV: <http://heasarc.nasa.gov/ftools/fv/>

Estudio y caracterización del sistema de movimiento propio común 00081+2029 AZC 2

Study and characterization of the common proper motion pair 00081+2029 AZC2

Antonio Agudo Azcona ^{1,2}

■ ¹Foro Extremeño de Astronomía, ² Observatorio Las Vaguadas MPC 154 (Badajoz, España)

■ Blog: <http://elrelojdelasguardas.blogspot.com.es> | Correo-e: aagudoaz@hotmail.com

En este trabajo presento el estudio del sistema de movimiento propio común 00081+2029 AZC 2. Se muestran los datos sobre la cinemática, fotometría y astrometría relativa del sistema y se realiza una estimación de la clase espectral, magnitudes absolutas, la distancia a la que se encuentran ambas componentes y sus masas. Con los datos obtenidos se discute la naturaleza física del sistema.

In this paper we present the study of the common proper motion pair 00081+2029 AZC 2. We show data about the kinematic, photometry and relative astrometry of the system and we assess the spectral class, the absolute visual magnitude, the distance and the mass of both components. We also discuss the physical nature of the system.

Introducción

RECIENTEMENTE SE PUBLICÓ (González, 2012; Benavides, 2012 y Agudo & Llera, 2012) el descubrimiento de 387 nuevos pares de movimiento propio común, a partir del filtrado del catálogo PPMXL (Roeser, 2010), que poco después fueron incorporados al Washington Double Star Catalog (WDS) (Mason *et al.*, 2003). En estos trabajos se mostraba la astrometría relativa, el movimiento propio y la magnitud V para cada uno de los nuevos sistemas descubiertos.

Estos descubrimientos forman parte de un proyecto denominado CSO-MPC (Cielos del Suroeste-Movimiento Propio Común) que, además de la búsqueda de nuevas binarias, pretende también su caracterización. Este proceso de caracterización ya se inició anteriormente (Agudo, 2012), y ahora se continúa con el estudio del sistema designado con identificador WDS 00081+2029 AZC2.

Utilizando datos cinemáticos, astrométricos y fotométricos procedentes de diferentes catálogos se ha hecho una estimación de la clase espectral, la magnitud absoluta, la distancia y la masa de las dos componentes del sistema.

Además, a partir de la reducción de imágenes procedentes de placas digitalizadas, así como de una imagen CCD actual, se obtuvo el movimiento relativo

del sistema, que se utilizó para aventurarse a hacer una caracterización de la naturaleza del sistema.

Astrometría relativa

Para el cálculo de la astrometría relativa se utilizaron placas digitalizadas POSSI y POSSII del Observatorio del Monte Palomar (Reid *et al.*, 1991) de diferentes épocas, obtenidas de Aladin Sky Atlas (Bonnarel *et al.*, 2000) y una imagen CCD actual (figura 1) capturada por mi equipo. La reducción astrométrica se realizó con el software *Astrometrica*[®] (Raab, 2010) tomando como referencia el catálogo UCAC3. Una vez obtenidas la rotación y la escala de placa se obtuvo el ángulo de posición y la separación angular mediante el software *Reduc* (Losse, 2008). Los datos obtenidos pueden verse en la tabla 1 (página siguiente). También se obtuvieron el ángulo de posición y la separación angular a partir de la transformación de las coordenadas procedentes de los catálogos The Two Micron All Sky Survey (2MASS) (Skrutskie, 2006) y Carlsberg Meridian Catalog Number 14 (CMC14) con ayuda de una hoja de cálculo en formato Excel (Lahuerta *et al.*, 2006). Los resultados pueden verse en la tabla 2 (página siguiente).

Método y equipo utilizado para la obtención de la imagen CCD

Para obtener la imagen CCD se tomaron 100 imágenes de 10 segundos de exposición utilizando

TABLA 1

| IMAGEN | ÉPOCA | THETA | RHO | MÉTODO |
|------------|----------|-----------|------------|-------------------------|
| POSSI | 1954,674 | 147,1 | 25,61 | ASTROMETRICA +REDUC |
| POSSII-F | 1991,767 | 146,7 | 25,94 | ASTROMETRICA +REDUC |
| POSSII-J | 1991,704 | 147,2 | 26,00 | ASTROMETRICA +REDUC |
| POSSII-N | 1994,825 | 146,9 | 25,94 | ASTROMETRICA +REDUC |
| IMAGEN CCD | 2012,868 | 146,9±0,1 | 26,04±0,06 | ASTROMETRICA +REDUC (*) |

Tabla 1. Astrometría relativa del sistema sobre placas digitalizadas e imágenes propias.

TABLA 2

| FUENTE DE DATOS | ÉPOCA | THETA | RHO | MÉTODO |
|-----------------|----------|-----------|------------|---------------------|
| CATÁLOGO 2MASS | 1999,896 | 146,7 | 25,84 | HOJA DE CÁLCULO |
| CATÁLOGO CMC14 | 2000,877 | 146,9 | 25,79 | HOJA DE CÁLCULO |
| IMAGEN CCD | 2012,868 | 146,8±0,1 | 25,86±0,06 | HOJA DE CÁLCULO (*) |

Tabla 2. Astrometría relativa en base a la absoluta de cada componente encontrada en los principales catálogos astrométricos y a la calculada sobre la imagen obtenida por el autor de este trabajo.

(*) La astrometría relativa se obtuvo promediando los resultados obtenidos para cinco imágenes.

ArtemisCCD Capture[®] como software de captura. Todas las imágenes fueron tratadas con sus darks correspondientes y se promediaron en grupos de 20 con *Astroart 3.0*[®], realizando un apilado manual y descartando las imágenes de peor calidad. De esta forma, se consiguieron 5 imágenes de una mejor relación señal/ruido que fueron utilizadas para la reducción astrométrica. Una de las imágenes obtenidas puede verse en la figura 1.

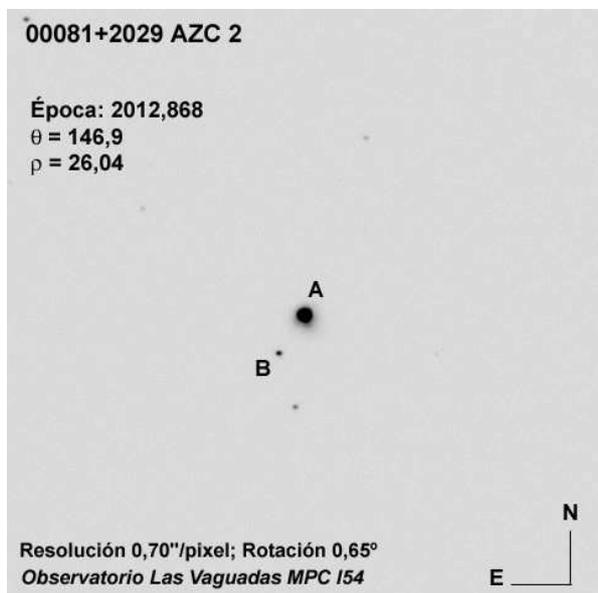


Figura 1. Imagen del sistema 00081+2029 AZC 2 obtenida por el autor de este trabajo.

Para la captura de las imágenes CCD se utilizó un telescopio Schmidt-Cassegrain *Celestron* de 8" con una focal de 2030 mm. Sin embargo, la focal efectiva con la que se trabajó fue de 2460 mm. El tubo descansó sobre una montura ecuatorial alemana computerizada CGEM de *Celestron*.

Al telescopio se acopló una CCD monocroma

Atik 16IC-S que utiliza un sensor Sony ICX415AL, que tiene un tamaño de píxel de 8,3 x 8,3 micras y un tamaño de imagen de 782 x 582 píxeles. Se trabajó a foco primario en modo binning 1x1. La resolución fue de 0,70"/píxel.

Movimientos propios

Los movimientos propios de ambas componentes, obtenidos del catálogo PPMXL, se pueden observar en la tabla 3.

TABLA 3

| COMP. | mp AR (msa/año) | mp DEC (msa/año) |
|------------|-----------------|------------------|
| PRIMARIA | 81,1 ± 1,2 | -24,4 ± 1,2 |
| SECUNDARIA | 79,9 ± 4,0 | -24,5 ± 4,0 |

Tabla 3. Movimientos propios de ambas componentes.

Fotometría

Para ambas componentes ya se obtuvo anteriormente (Agudo & Llera, 2012) fotometría en banda V procedente del *The Guide Star Catalogue* (GSC2.3) (Lasker *et al.*, 2008). Sin embargo, con objeto de conseguir datos del índice de color B-V, fue necesario obtener fotometría de mayor calidad.

Para la primaria se pudo obtener fotometría en banda V y en banda B procedentes de *The Tycho-2 Catalogue* (Tycho-2) (Hog, 2000) y *The AAVSO Photometric All-Sky Survey* (APASS). Sin embargo para la secundaria no fue posible, y dado que la magnitud en banda V obtenida a partir de GSC2.3 es muy débil, se optó por tomar este valor y no hacer uso de los valores que se pueden obtener a partir de

TABLA 4

| RANGO ESPECTRAL | PRIMARIA | SECUNDARIA | |
|---------------------|----------------|----------------|--------------|
| BANDA J (2MASS) | 8,901 ± 0,029 | 11,384 ± 0,021 | |
| Banda H (2MASS) | 8,602 ± 0,029 | 10,754 ± 0,028 | |
| BANDA K (2MASS) | 8,529 ± 0,021 | 10,531 ± 0,020 | |
| Banda V | (GSC2.3) | 10,09 ± 0,03 | 14,24 ± 0,29 |
| | (APASS) | 9,968 ± 0,053 | --- |
| | (Tycho-2)* | 10,033 ± 0,033 | --- |
| BANDA B (APASS) | 10,543 ± 0,046 | --- | |
| Índice de color B-V | (APASS) | 0,575 | --- |
| | (Tycho-2)** | 0,499 | --- |

(*) y (**) La fotometría procedente de Tycho-2 se convirtió al sistema Johnson mediante las correspondientes transformaciones.

Tabla 4. Fotometría de ambas componentes.

transformaciones que utilizan fotometría infrarroja y fotometría procedente de catálogos como el UCAC3 y el CMC14.

Para ambas componentes se obtuvo fotometría en bandas JHK procedente de 2MASS.

Todos los datos fotométricos se pueden ver en la tabla 4.

Población Estelar

Para la estimación de la población estelar se utilizó un diagrama de movimiento propio reducido en infrarrojo (Salim & Gould, 2002), representando el movimiento propio reducido frente al índice de color V-J. Los cálculos y el resultado pueden verse en la tabla 5 y en la figura 2. La expresión utilizada por Salim & Gould para el cálculo del movimiento propio reducido es:

$$H'_V = m_V + 5 \log \mu$$

Para la componente principal también se representó el movimiento propio reducido frente al

TABLA 5

| COMP. | V-J | μ_{TOTAL} | -H'v |
|------------|------|---------------|------|
| PRIMARIA | 1,13 | 0,085 | -4,7 |
| SECUNDARIA | 2,86 | 0,084 | -8,9 |

Tabla 5. Cálculo del Movimiento Propio Reducido.

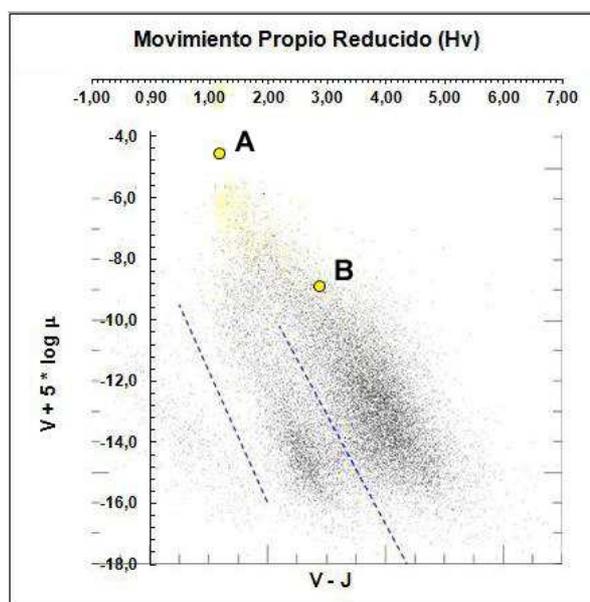


Figura 2. Diagrama de movimiento propio reducido representado frente a índice de color V-J para ambas

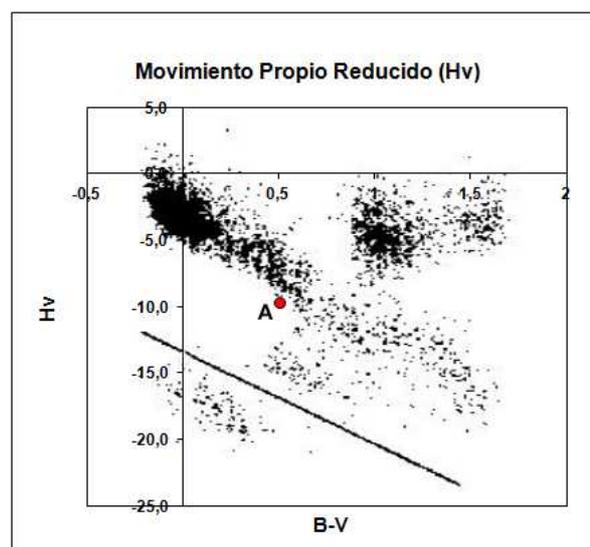


Figura 3. Diagrama de movimiento propio reducido frente a índice de color B-V para la componente principal.

índice de color B-V (Jones, 1972) tal como se muestra en la en la figura 3.

De la observación de ambos diagramas se desprende que ambas componentes se encuentran cerca de la secuencia principal, por lo que podemos considerar que pertenecen a dicha población.

Por otra parte, también se realizó la representación del índice de color J-H frente al H-K (figura 4, página siguiente). Este diagrama complementa los dos anteriores, y de su observación podemos aventurarnos a afirmar que ambas estrellas pertenecen a la población de enanas de la secuencia principal.

Clase espectral

Comparando los índices de color B-V (solo disponible para la primaria), V-K, J-H y H-K con

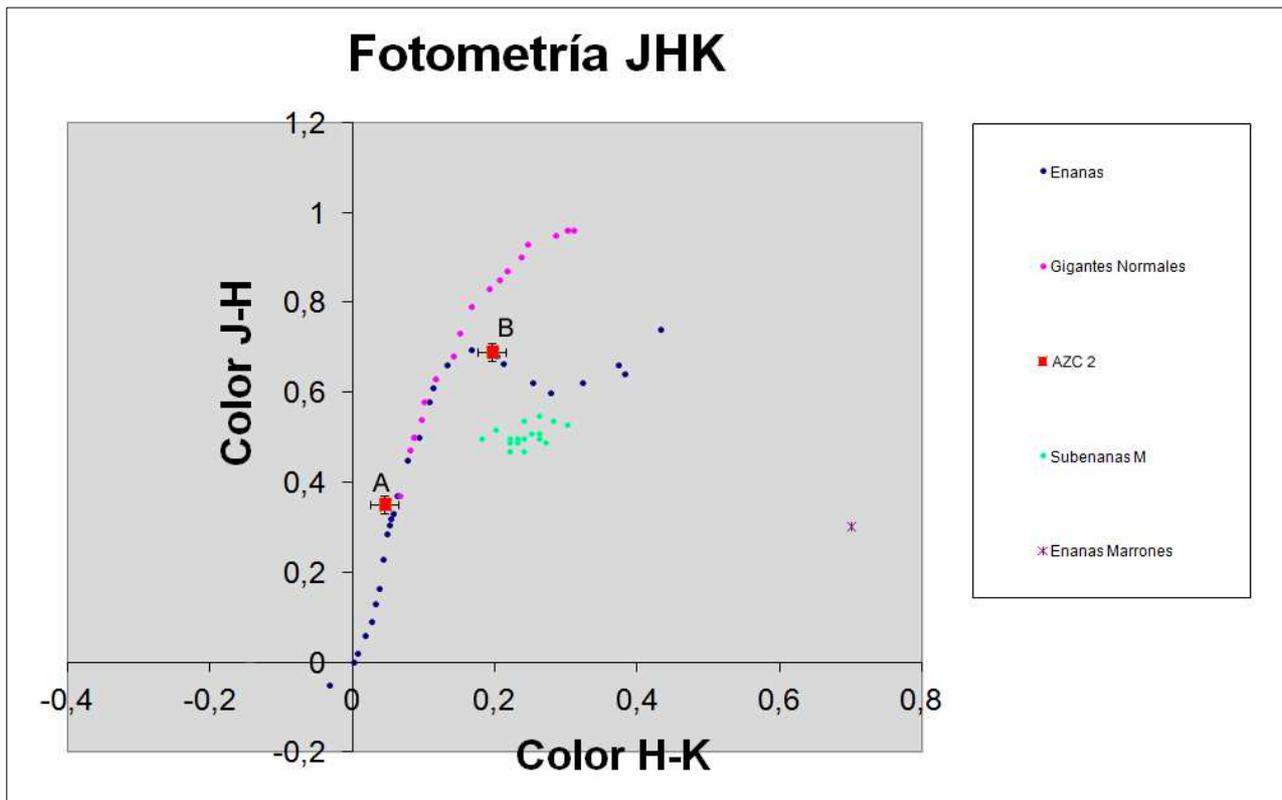
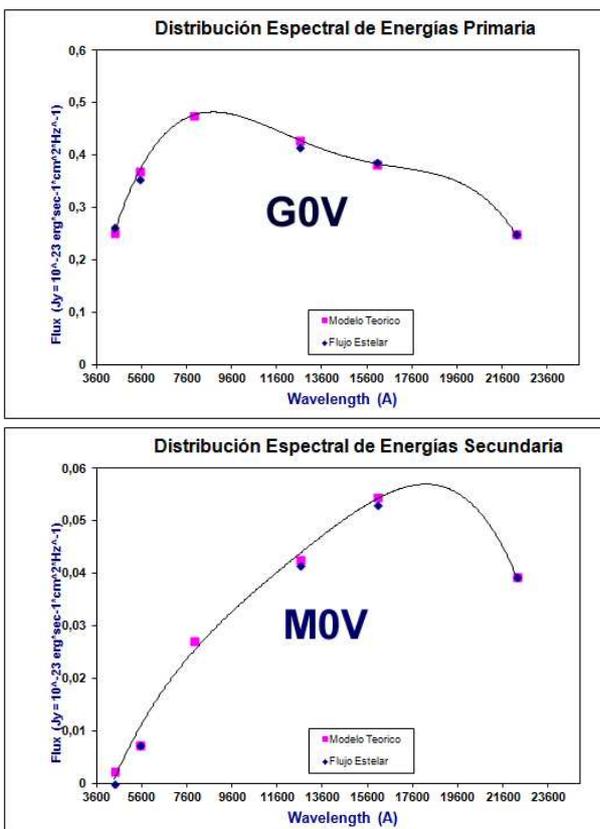


Figura 4. Representación de índice de color J-H frente índice de color H-K para ambas componentes.



Figuras 5 y 6. Distribución espectral de las componentes del sistema.

tablas de caracterización espectral se obtuvo un tipo espectral G0V para la primaria (figura 5) y M0V para la secundaria (figura 6), concluyéndose por tanto que la componente principal se trata de una **enana amarilla** y la componente secundaria una **enana roja**.

Magnitud absoluta y distancia

Tomando como referencia el trabajo de Dahn et al. (1982) y utilizando diversas tablas que establecen relaciones entre el tipo espectral y la magnitud absoluta, se estimó un valor de 4,7 para la primaria y de 9,0 para la secundaria. A partir de estos datos se obtuvo el módulo de distancia y finalmente se pudo hacer una estimación de la distancia a la que se encuentran ambas estrellas, tal como se muestra en la tabla 6 (página siguiente).

Resultados que parecen indicar que es probable que ambas componentes se encuentren a una distancia común. Sin embargo, para minimizar los errores que pueden acompañar a estos valores se realizó una simulación Monte Carlo. Considerando un error del 20% para las distancias mostrada en la tabla 6, el resultado obtenido mediante simulación Monte Carlo refleja una distancia común de ambas componentes de 114,2 pc, con una desviación estándar de 15,4 pc y una probabilidad del 99,2% de que se encuentren a una distancia común.

Temperatura efectiva, corrección bolométrica y magnitud absoluta bolométrica

Para el cálculo de la Temperatura efectiva se usaron las tablas propuestas por Mamajek (2010), que relacionan este parámetro con la clase espectral. Dado que este método ofrece dudas en cuanto a su aplicación para estrellas en el rango K5-M9, en la estrella secundaria se empleó también la expresión

TABLA 6

| | PRIMARIA | SECUNDARIA |
|---------------------|----------|------------|
| MAGNITUD ABSOLUTA | 4,7 | 9,0 |
| MÓDULO DE DISTANCIA | 5,3 | 5,2 |
| DISTANCIA (PC) | 116,6 | 111,7 |

Tabla 6. Magnitud absoluta y distancias calculadas para cada componente.

propuesta por Veeder (1974), que representa un buen ajuste para valores comprendidos entre 4500 K y 2500 K y ofrece resultados con una incertidumbre de 150 K. La expresión está basada en el índice de color V-K:

$$\log T_{\text{eff}} = 3,77 - 0,052 \cdot (V - K)$$

Los resultados obtenidos pueden verse en la tabla 7.

TABLA 7

| MÉTODO DE CÁLCULO | TEMPERATURA EFECTIVA (K) | |
|-------------------|--------------------------|------------|
| | PRIMARIA | SECUNDARIA |
| VEEDER (1974) | --- | 3776 ± 150 |
| MAMAJEK (2010) | 6000 ± 150 | 3800 ± 279 |

Tabla 7. Temperatura efectiva calculada para cada componente.

A partir de los valores de Temperatura efectiva se realizó el cálculo de la corrección bolométrica (BC) según Lang (1992), que sirvió para calcular la magnitud absoluta bolométrica (M_b), que es la magnitud absoluta (M_v) de la estrella suponiendo que la emisión de luz se produce en todas las longitudes de onda y se percibe desde la Tierra en ausencia de atmósfera. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8.

TABLA 8

| COMP. | CORRECCIÓN BOLOMÉTRICA | MAGNITUD ABSOLUTA | MAGNITUD BOLOMÉTRICA |
|-------|------------------------|-------------------|----------------------|
| A | -0,1 | 4,7 | 4,6 |
| B | -1,5 | 9,0 | 7,5 |

Tabla 8. Cálculo de la magnitud absoluta bolométrica.

Masas estelares

Para conocer la masa de ambas estrellas se utilizaron dos procedimientos diferentes. Por una parte, se utilizaron las relaciones masa-luminosidad en el rango del infrarrojo descritas por Henry & McCarthy (1993) que permiten determinar la masa estelar para estrellas con masa estelar comprendida entre 1 y 0,08 masas solares, utilizando la magnitud absoluta en banda K (M_k).

$$M_k = m_k - (m_v - M_v)$$

TABLA 9

| COMPONENTE | MASA ESTELAR M_{\odot} | |
|------------|--------------------------|-------------------------|
| | COUTEAU (1978) | HENRY & MCCARTHY (1993) |
| PRIMARIA | 1,04 | 0,97 |
| SECUNDARIA | 0,50 | 0,59 |

Además, también se calculó la masa estelar a partir de magnitud bolométrica, utilizando la expresión propuesta por Couteau (1978), que en su trabajo hace referencia a Baize (1947).

Los resultados obtenidos mediante estos procedimientos se pueden observar en la tabla 9.

De estos resultados se desprende que la primaria tiene una masa estelar similar a nuestro Sol, mientras que la secundaria tiene una masa que es aproximadamente la mitad.

Movimiento propio relativo

Utilizando la astrometría relativa (θ y ρ) mostradas en las tablas 1 y 2, que cubren una línea temporal de 58 años, se obtuvo el movimiento propio relativo anual de la componente B con respecto a la estrella principal. Para cada época se calculó la astrometría relativa en coordenadas rectangulares (tabla 10) y posteriormente se representaron en sendos diagramas X vs época (figura 7, página siguiente) e Y vs época (figura 8, página siguiente) con posterior ajuste lineal de los puntos. Las pendientes de cada línea de ajuste proporcionan los movimientos propios relativos anuales en AR y Dec, respectivamente, expresados en msa/año (tabla 9).

Los movimientos relativos obtenidos presentan valores que son compatibles con la existencia de relación física entre ambas componentes del sistema.

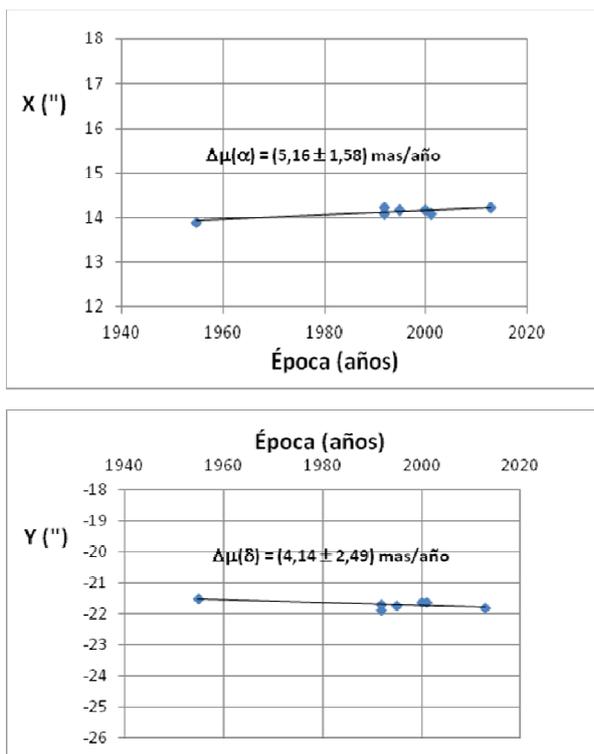
Carácter físico

Como ya se había descrito anteriormente (Agudo & Llera, 2012), ambas componentes

TABLA 10

| Época | Theta (θ) | Rho (ρ) | X ($\rho \cdot \text{sen}\theta$) | Y ($\rho \cdot \text{cos}\theta$) |
|----------|--------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1954,674 | 147,1 | 25,61 | 13,911 | -21,503 |
| 1991,704 | 147,2 | 26,00 | 14,084 | -21,855 |
| 1991,767 | 146,7 | 25,94 | 14,242 | -21,681 |
| 1994,825 | 146,9 | 25,94 | 14,166 | -21,730 |
| 1999,896 | 146,7 | 25,84 | 14,187 | -21,597 |
| 2000,877 | 146,9 | 25,79 | 14,084 | -21,605 |
| 2012,868 | 146,9 | 26,04 | 14,221 | -21,814 |

Tabla 10. Astrometría relativa transformada en coordenadas rectangulares.



Figuras 7 y 8. Representación de X (arriba) e Y (abajo) frente al tiempo.

TABLA 11

| $\Delta\mu(\alpha)$ (msa/año) | $\Delta\mu(\delta)$ (msa/año) | $\Delta\mu_{total}$ (msa/año) |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $5,16 \pm 1,58$ | $-4,14 \pm 2,49$ | $6,62 \pm 2,95$ |

Tabla 11. Movimientos propios relativos anuales de la componente secundaria.

constituyen un sistema de movimiento propio común. Cumplen el criterio de Halbwachs (1986) y se obtiene un valor de 308 años para el parámetro T (ρ/μ), que sugiere una elevada probabilidad de relación física entre las componentes.

Por otra parte, usando el criterio de Rica (2004), que complementa a la segunda condición del criterio de Halbwachs, también se obtiene una probabilidad muy elevada (99%) de que exista tal relación física.

Para ver la posibilidad de que exista una relación gravitatoria entre ambas componentes se utilizó el criterio basado en la energía mecánica total del sistema según lo descrito por Rica (2011). A tal fin, se calcula para la componente secundaria la velocidad tangencial relativa, el valor máximo permitido de la velocidad orbital y su velocidad de escape respecto del campo gravitatorio de la primaria.

La velocidad tangencial relativa se calcula a partir del movimiento relativo. La velocidad orbital máxima y la velocidad de escape se calculan utilizando como distancia entre ambas componentes la separación proyectada y suponiendo una órbita

circular para la velocidad orbital.

Si la velocidad tangencial relativa es inferior a la velocidad orbital máxima y a la velocidad de escape, estaríamos ante un sistema que reúne las condiciones mecánicas para su ligadura gravitatoria. Aún así, para poder confirmar la relación orbital se debería conocer también la velocidad radial de la secundaria, y cumplirse que la velocidad total, suma de la tangencial y radial, fuera inferior a la velocidad orbital máxima y a la velocidad de escape.

Para AZC 2, tal como puede verse en la tabla 12, la velocidad tangencial es claramente superior a la velocidad orbital máxima y a la velocidad de escape, por lo que se descarta que el sistema sea de naturaleza orbital.

TABLA 12

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| Velocidad tangencial (km/s) | $3,57 \pm 1,62$ |
| Velocidad orbital máxima (km/s) | $0,74 \pm 0,05$ |
| Velocidad de escape (km/s) | $0,95 \pm 0,06$ |

Tabla 12. Velocidad tangencial, orbital máxima y de escape.

A pesar de estos resultados, teniendo en cuenta el considerable movimiento propio común del sistema y su separación angular, no debe descartarse que exista una relación física entre ambas componentes, puede que se trate de un sistema binario de origen común o bien que se trate de un sistema binario en proceso de ruptura por efectos gravitacionales externos.

Conclusiones

Los datos obtenidos para el sistema 00081+2029 AZC 2 muestran que se trata de dos estrellas enanas, la primaria amarilla de clase espectral G0V y la secundaria roja de clase espectral M0V. Ambas se encuentran a una distancia común promedio de 114,2 pc. La primaria posee una masa similar al Sol y la secundaria aproximadamente igual a la mitad.

Para la época la 2012,868 se obtiene una separación angular de 26,04" y un ángulo de posición de 146,9°. Del estudio temporal de la astrometría relativa a lo largo de un periodo aproximado de 58 años se obtuvo un movimiento propio relativo de la secundaria de $6,62 \pm 2,95$ msa/año.

El sistema constituye una pareja de movimiento propio común ya que cumple la condición de Halbwachs y tiene una alta probabilidad de relación física entre ambas componentes basándose en el cálculo del parámetro T y en la aplicación del criterio de Rica. Sin embargo, no cumplen los criterios de la

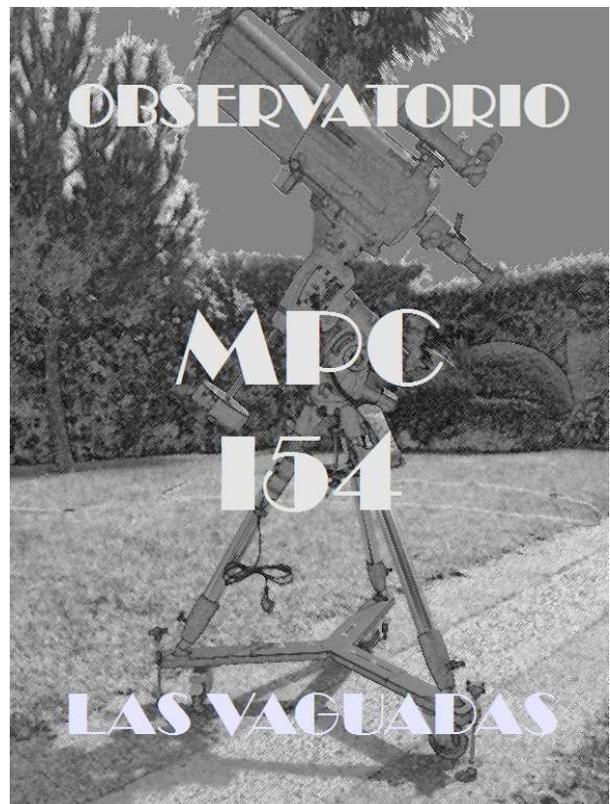
energía mecánica total, por lo que se descarta la posibilidad de que formen una pareja orbital.

Agradecimientos

A Francisco Rica Romero por prestarme las herramientas necesarias para realizar muchos de los cálculos que se muestran en este trabajo. ☺

Referencias

- Agudo, A., 2012, *2MASS J03245056+2503179 y 2MASS J03245002+2503289: estudio y caracterización de un nuevo sistema de movimiento propio común*, OED (9), 66-75.
- Agudo, A. & Llera, J., 2012, *Descubrimiento de 132 binarias con movimiento propio común en las declinaciones +20°/+29°*, OED (9), 24-32.
- Baize, P. 1947, *Les masses des étoiles doubles visuelles et la relation empirique masse-luminosité*, Bull. Astr., t.XIII, fasc. 2, 123.
- Benavides, R., 2012, *Descubrimiento de 122 binarias con movimiento propio común en las declinaciones +40°/+49°*, OED (9), 42-50.
- Bonnarel, F., Fernique, P., Bienaymé, O., Egret, D., Genova, F., Louys, M., Ochsenbein, F., Wenger, M., Bartlett, J. G., 2000, *The ALADIN interactive sky atlas. A reference tool for identification of astronomical sources*, Astronomy and Astrophysics Supplement, 143, 33.
- Couteau, P., 1978, *L'observation des étoiles doubles visuelles*, Ed. Flammarion.
- Dahn, C. C., Harrington, R. S., Riepe, B. Y., Christy, J. W., Guetter, H. H., Kallarakal, V. V., Miranian, M., Walker, R. L., Vrba, F. J., Hewitt, A. V., Durham, W. S., Ables, H. D., 1982, *U.S. Naval Observatory Parallaxes of faint stars*. List VI de *Astronomical Journal*, 87(2), 419.
- González Carballo, J. L., 2012, *Descubrimiento de 133 binarias con movimiento propio común en las declinaciones +30°/+39°*, OED (9), 33-41
- Halbwachs, J. L., 1986, *Common proper motion stars in the AGK3*, Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires, 30, 129.
- Henry, T. J., McCarthy, D. W., Jr., 1993, *The mass-luminosity relation for stars of mass 1.0 to 0.08 solar mass*, AJ, 106(2), 773
- Høg, E., 2000, *The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 Million Brightest Stars*, Astronomy and Astrophysics, January 21.
- Lahuerta, L., Lahuerta S., Patiño, J., Villares, F., 2006, *Astrometría y Fotometría de Estrellas Dobles con CCD*, Astronomía, 82, <http://www.ctv.es/USERS/luisiana/Dobles.htm>
- Lang, K. R., *Astrophysical Data: Planets and Stars*, Springer-Verlag, New York, 1992.
- Losse, F., 2008, Reduc v3.65. <http://www.astrosurf.com/hfosaf/> (Merci beaucoup Florent!)
- Mamajek, E., 2010, *A Modern Dwarf Stellar Effective Temperature Scale Based on 17842 Teff and MK Spectral Type Pairs*, http://www.pas.rochester.edu/_emamajek/Teff_SpT_table.txt
- Mason, B. D.; Wycoff, G.; Hartkopf, W. I., 2003, *The Washington Double Star Catalog*, <http://ad.usno.navy.mil/proj/WDS/wds.html>
- Raab, H., 2010, *Astrometrica v4.6.5.390*. <http://www.astrometrica.at/>
- Reid, I. N. et al., 1991, *The second Palomar Sky Survey*, *Astronomical Society of the Pacific* 103, 661.
- Rica, F., 2004, *Criterio de Caracterización de J.L. Halbwachs: Relación entre r y m*, Circular N° 6 Sección Estrellas Dobles LIADA, 33.
- Rica, F., 2011, *Determining the Nature of a Double Star: The Law of Conservation of Energy and the Orbital Velocity*, JDSO, 7, 254.
- Roeser S. et al., 2011, *The PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS. Combining USNO-B1.0 and the two Micron All Sky Survey (2MASS)*, *Astronomical Journal*, 139, 2440-2447.
- Salim S. & Gould A. 2002, *Classifying Luyten stars using an optical-infrared reduced proper-motion diagram*, ApJ, 575, 83.
- Skrutskie, M. F., 2006, *The Two Micron All Sky Survey (2MASS)*, AJ, 131,1163-1183.
- Veeder, G. J., 1974, *Luminosities and temperatures of M dwarf stars from infrared photometry*, AJ, 79, 1056.



WDS 03510+1414 (JLM 1): una binaria separada muy cercana y de muy baja masa

WDS 03510+1414 (JLM1): a close, nearby and low-mass binary system

Juan Lendínez^{1,2} y Francisco M. Rica Romero^{3,4}

■ ¹Agrupación Astronómica Hubble (Martos, Jaén, España), ²Amigos de la Astronomía de Jaén (España), ³Agrupación Astronómica de Mérida (Badajoz, España), ⁴Coordinador Sección E. Dobles (LIADA)
 ■ Correos-e: Juan_almenara_12@hotmail.com, frica0@gmail.es

En este artículo presentamos el estudio astrofísico de la binaria JLM 1, descubierta por Juan Lendínez y publicada en el número 8 de OED. Nuestro estudio reveló que está compuesta por dos enanas rojas M4V y M5V con magnitudes 13,96 y 15,56 separadas por casi 29". Uno de los mayores atractivos de esta binaria es su gran cercanía a nosotros (unos 15 parsecs).

This article presents the astrophysical study of the binary JLM 1, discovered by Juan Lendínez and presented in the number 8 of OED. Our study showed that it is composed by two red dwarfs of spectral types M4V and M5V with magnitudes 13.96 and 15.56 separated by nearly 29". One of the major attractions of this binary is the proximity to us (about 15 parsecs).

Introducción

EN EL NÚMERO 8 de nuestra querida revista OED, Lendínez (2012) presentó el descubrimiento de una nueva binaria en la constelación de Tauro compuesta por 2MASS J03510078+1413398 y 2MASS J03505949+1414017. Este artículo supuso el acicate definitivo para su incorporación con la máxima humildad al mundo doblista que tanto le apasiona. Los astrofísicos del USNO catalogaron a esta binaria como WDS 03510+1414 con la designación JLM 1. Ya que en ese artículo sólo se realizaron mediciones de esta pareja, ahora presentamos un estudio astrofísico para las estrellas que la componen así como un estudio dinámico del sistema binario.

Nuestro estudio preliminar sugería que esta binaria estaba situada bastante cerca de nosotros (a unos 15 pársecs). Este dato llamó la atención del astrofísico José Caballero, de la Universidad Complutense de Madrid, quien a su vez, realizará un estudio astrofísico de este sistema que será publicado en la revista profesional *The Observatory*.

Las coordenadas precisas ecuatoriales, así como distintos identificadores por catálogos, se encuentran en la tabla 1.

Astrometría relativa y cinemática

El trabajo consistió en primer lugar en obtener la astrometría relativa (medición de distancia angular,

ρ , y ángulo de posición, θ) procedentes de diversas fuentes:

–Placas procedentes del Digitized Sky Survey (DSS)¹, para ser analizadas con los programas Astrometrica² y Reduc³ en unos casos y mediante la obtención de coordenadas AR y DEC para las componentes de la binaria y posterior conversión en astrometría relativa mediante el programa GEDRAA⁴.

–Imagen digital procedente del *UKIRT Infrared Deep Sky Survey* (UKIDSS). Para esta imagen se ha utilizado la herramienta *Ruler* del programa FV⁵, un editor de ficheros FITS diseñado por la NASA.

–Catálogos astrométricos 2MASS, CMC14 y PM2000 y M2000.

–Imágenes CCD tomadas por Ramón Palomeque Messía que fueron reducidas astroméricamente mediante los programas Astrometrica y Reduc.

TABLA 1. COORDENADAS E IDENTIFICACIÓN.

| | PRIMARIA | SECUNDARIA |
|-----------|-----------------|-----------------|
| AR2000 | 03 51 00,786 | 03 50 59,494 |
| DEC2000 | +14 13 39,86 | +14 14 01,73 |
| USNO-B1.0 | 1042-0036962 | 1042-0036959 |
| CMC-14 | 035100.7+141339 | 035059.5+141401 |
| NOMAD-I | 1042-0037439 | 1042-0037436 |
| GSC 2.3 | N9ZZ000093 | N9ZZ001150 |

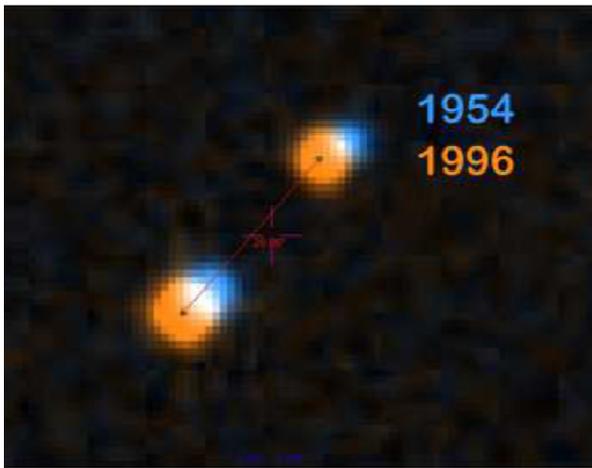


Figura 1. Composición RGB mediante superposición de placas procedentes del Digitized Sky Survey (DSS) separadas entre sí por 42 años.

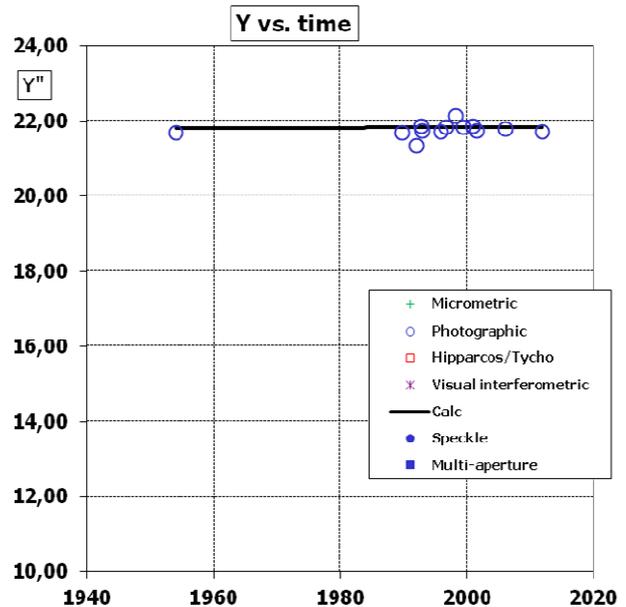
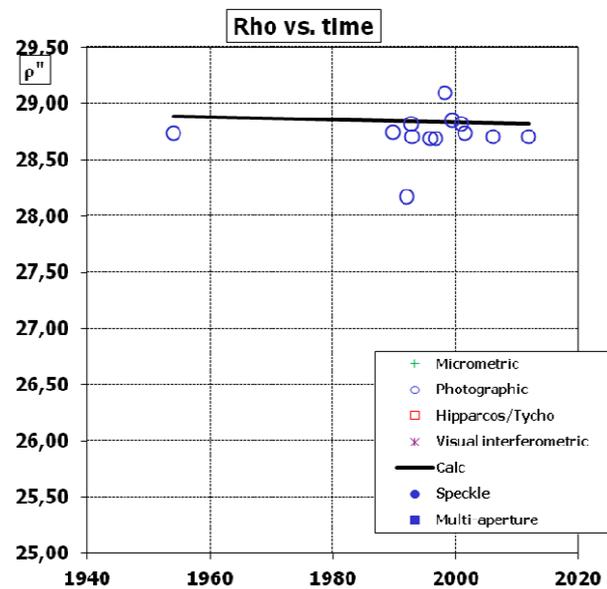
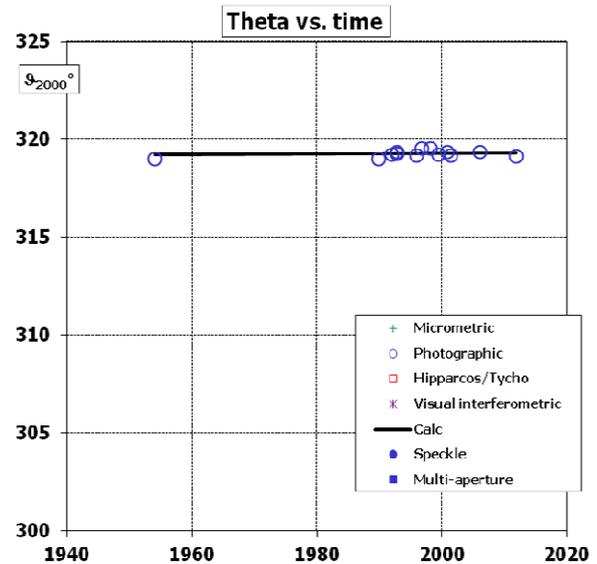
En total se obtuvieron 13 mediciones astrométricas entre 1954 y 2011. En la tabla 2 se exponen las astrometrías relativas de este par, (tanto en forma polar como cartesiana) así como el origen de la medida y la abertura del telescopio usado (en metros). Las figuras 1-3 muestran la evolución temporal de θ , ρ e γ . En las gráficas $\theta(t)$ y $\rho(t)$ podemos ver lo que desde el principio se intuía, que todo apunta a que son un par de movimiento propio común (MPC).

| Fecha | θ [°] | ρ ["] | x ["] | y ["] | Autor | \varnothing (m) |
|----------|--------------|------------|--------|-------|--------|-------------------|
| 1954,006 | 319,01 | 28,74 | -18,85 | 21,69 | DSS | 1,2 |
| 1989,847 | 318,99 | 28,75 | -18,86 | 21,69 | DSS | 1,2 |
| 1991,929 | 319,25 | 28,17 | -18,39 | 21,34 | DSS | 1,2 |
| 1992,755 | 319,35 | 28,83 | -18,78 | 21,87 | DSS | 1,2 |
| 1992,836 | 319,26 | 28,70 | -18,73 | 21,75 | DSS | 1,2 |
| 1995,877 | 319,18 | 28,69 | -18,75 | 21,71 | DSS | 1,2 |
| 1996,785 | 319,54 | 28,69 | -18,62 | 21,83 | DSS | 1,2 |
| 1998,235 | 319,54 | 29,10 | -18,88 | 22,14 | PM2000 | -- |
| 1999,430 | 319,21 | 28,86 | -18,85 | 21,85 | M2000 | 0,2 |
| 2000,904 | 319,36 | 28,82 | -18,77 | 21,87 | 2MASS | 1,3 |
| 2001,492 | 319,18 | 28,74 | -18,79 | 21,75 | CMC14 | -- |
| 2006,012 | 319,35 | 28,71 | -18,70 | 21,78 | UKIDSS | -- |
| 2011,911 | 319,15 | 28,71 | -18,78 | 21,72 | CCD | 1,2 |

Tabla 2. Astrometría relativa.

En cuanto a la cinemática de este par, tal y como se puede observar a continuación en la tabla 3 (página siguiente), los movimientos propios expresados en milisegundos de arco por año son muy similares, dándonos la idea de su desplazamiento propio común. Dichos movimientos han sido extraídos del catálogo USNO-B1.0. El catálogo CMC-14 solo tiene información de MP para la principal.

A partir de los movimientos propios para cada componente, podemos calcular el movimiento relativo de la componente B con respecto a la componente A.



Figuras 2, 3 y 4. Theta, Rho e γ frente a tiempo.

TABLA 3. MOVIMIENTOS PROPIOS.

| FUENTE | COMP. | mp AR | ERROR | mp DEC | ERROR |
|---------|---------|-------|-------|--------|-------|
| USNO-B1 | JLM-1 A | 64,00 | 1,00 | -72,00 | 2,00 |
| USNO-B1 | JLM-1 B | 66,00 | 2,00 | -66,00 | 1,00 |

También para una más intuitiva percepción de sus desplazamientos, se representan los vectores de movimiento en la figura 5.

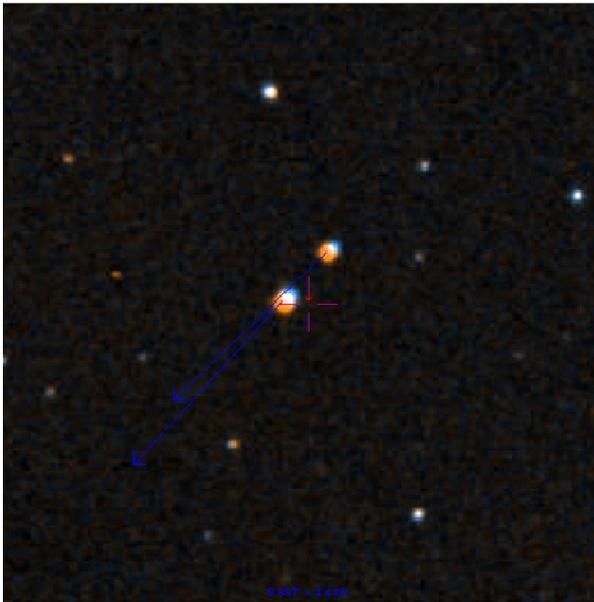


Figura 5. Vectores de movimiento.

Fotometría y estimación del tipo espectral

Para el estudio de la magnitud V y el color B-V se ha utilizado la base de datos APASS⁶. Para la fotometría infrarroja JHK se utilizó el catálogo 2MASS. La tabla 4 lista estos datos fotométricos.

La figura 6 muestra un diagrama de doble color J-H y H-K. Dentro de él se sitúan los valores H-K y J-H de ambas componentes, para así poder saber la clase de luminosidad y los tipos espectrales ante los

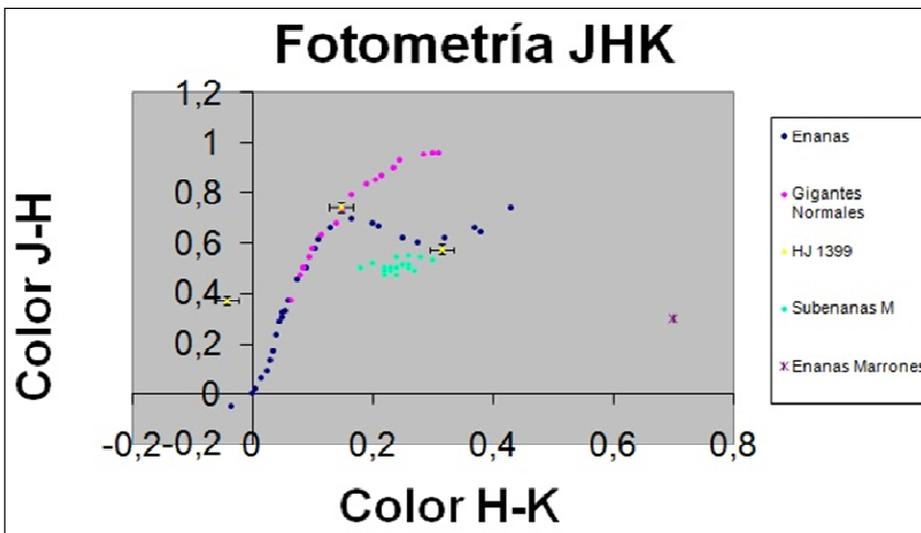


Figura 6. Diagrama de doble color.

TABLA 4. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS VISUAL E INFRARROJA

| COMP. | V | B | J | H | K | B-V |
|-------|---------|--------|-------|-------|-------|------|
| JLM1A | 13,9560 | 15,506 | 9,435 | 8,753 | 8,759 | 1,55 |
| JLM1B | 15,558 | 17,093 | 10,24 | 9,721 | 9,38 | 1,53 |

que nos encontramos. En base a la posición de las estrellas en este diagrama, probablemente estamos ante una primaria anaranjada (tipo espectral K-tardío o M-temprano) y una secundaria fría M-medio.

Se utilizó la hoja de cálculo *ASTRONOMIA_ver1.5.6.xls* de Francisco Rica para encontrar el tipo espectral de cada componente; mediante esta hoja de cálculo se distribuyen en gráficos (figuras 7 y 8, página siguiente) los flujos espectrales de energías. En base a los diagramas de doble color y a los diagramas de movimiento propio reducido determinamos la naturaleza enana M4V y M5V para las componentes del sistema estelar.

Entendemos por movimiento propio reducido a la magnitud aparente que tendría una estrella si las colocásemos a una distancia tal que su movimiento propio fuera de un 0,1"/año. Este gráfico permite distinguir entre estrellas enanas, gigantes, subgigantes o enanas blancas gracias a sus diferencias de brillo y cinemática para un mismo color.

El movimiento propio reducido se obtiene de la siguiente expresión, donde H_v es el movimiento propio reducido, V es la magnitud aparente en banda V y M es el movimiento propio expresado en segundos de arco por año

$$H_v = (-1) * V + 5 * \log(M) + 5$$

De este modo podemos calcular para la componente A $H_v = -13,9$ y para la componente B $H_v = -15,4$ (figura 9).

El efecto de enrojecimiento y la absorción interestelar han sido calculados teniendo en cuenta su latitud galáctica y la distancia, siendo el resultado obtenido de 0,019. Aun no siendo despreciable, no se ha utilizado para una corrección debido a que su efecto sobre dos estrellas tan rojas no afectaría a su espectro.

Una vez conocida la naturaleza de enana roja para las componentes de la binaria, podemos determinar su magnitud absoluta. Para ello usamos los datos obtenidos en el trabajo de Ruiz & Maza (1990) donde podemos conocer la magnitud absoluta en base a su tipo espectral. Las magnitudes absolutas obtenidas para las

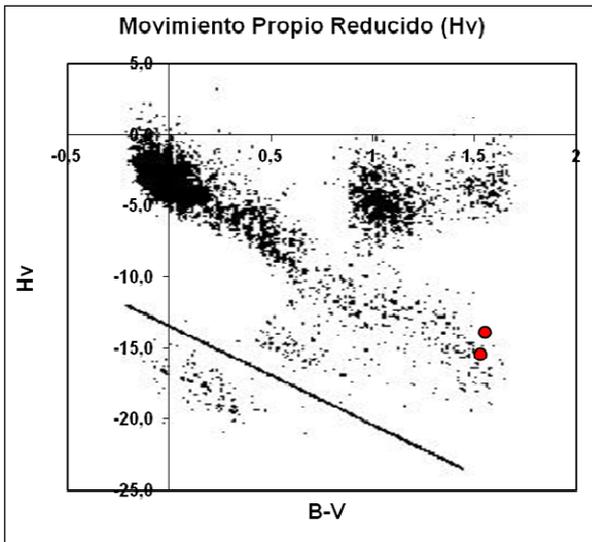


Figura 9. Movimiento propio reducido (Hv).

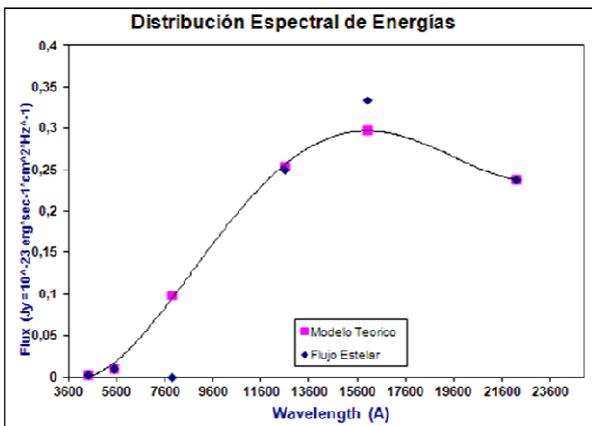


Figura 7. Distribución espectral de energía para la comp. A.

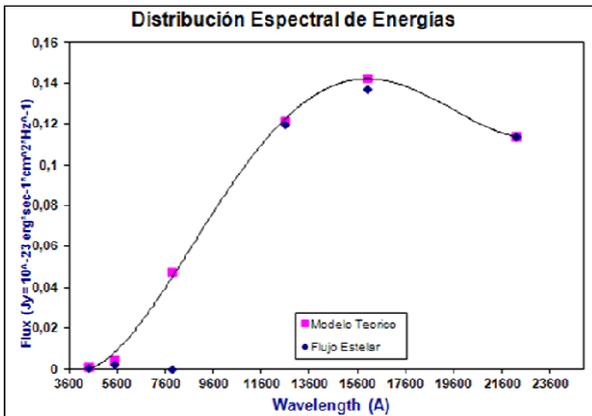


Figura 8. Distribución espectral de energía para la comp. B.

TABLA 5. MAGNITUDES, CORRECCIÓN BOLOMÉTRICA Y ESPECTROS.

| COMP. | MV | CB | Mb | ESPECTRO |
|-------|------|-------|--------|----------|
| JLM1 | 12,9 | -2,73 | 10,165 | M4 V |
| JLM2 | 14,8 | -3,49 | 11,31 | M5 V |

componentes A y B son respectivamente 12,90 y 14,80 (tabla 5).

Para hallar la corrección bolométrica de cada

una de las componentes, se utilizó la referencia de Kiraga & Stephen (2007), más actualizada que la de Zomberk (1990). Las correcciones bolométricas obtenidas son -2,73 y -3,49 para la componente primaria y secundaria (tabla 5).

También obtuvimos las magnitudes bolométricas absolutas con valores de 10,165 y 11,31 para las componentes A y B respectivamente (tabla 5).

Distancias

Con los datos obtenidos podemos hallar la distancia a cada una de las estrellas. Como no disponemos de la paralaje trigonométrica, tendremos que utilizar la magnitud absoluta para calcular la distancia fotométrica. Conocidas las magnitudes aparentes y las absolutas estamos en condiciones de encontrar sus módulos de distancia, y por tanto las distancias en pársecs que nos separan de ellas. Los resultados obtenidos para la primaria son de 16,3 pc y para la secundaria 14,1 pc y sus módulos de distancia de 1,06 y 0,75 respectivamente. Para ello hemos utilizado la siguiente expresión:

$$M - m = 5 - 5 \cdot \log d$$

Velocidad tangencial y radial

Con el movimiento propio de cada estrella y sus distancias, podríamos hallar la velocidad tangencial en Km/s. (Tabla 6).

La fórmula sería la siguiente:

$$T_a = 4,74 \cdot distancia \cdot \mu_{AR}$$

$$T_d = 4,74 \cdot distancia \cdot \mu_{DEC}$$

Donde *distancia* se expresa en pársecs y μ_{AR}/μ_{DEC} es el movimiento propio de la estrella. En primer lugar se halla la velocidad tangencial, tanto para la dirección AR como para la dirección DEC, y luego se encuentra la total para cada estrella.

Para encontrar la velocidad tangencial total de cada estrella se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_t = 5 \sqrt{T_{ar}^2 + T_{dec}^2}$$

Los resultados serían los siguientes:

TABLA 6. VELOCIDADES TANGENCIALES

| COMP. | T α (km/s) | T δ (km/s) | V _t (km/s) |
|-------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| A | 4,95 | -5,56 | 7,4 |
| B | 4,41 | -4,41 | 6,2 |

Al tener que conocer el movimiento espacial total de la estrella, necesitamos definir la velocidad radial de las estrellas, que sería aquella que realiza a lo largo de la visual y se determina a partir de las líneas

espectrales por el efecto Doppler. Ésta se calcula mediante el teorema de Pitágoras. Por desgracia no tenemos datos en las referencias profesionales para este par.

Temperaturas Efectivas

Para encontrar las temperaturas, se ha usado una tabla realizada por Ramos (2003) que se muestra aquí como la tabla 7. Como bien dice el autor, ningún científico se pone de acuerdo para hallar las temperaturas efectivas.

| Clase Espectral | | Zombeck | Tokunaga | Kurucz | V. Surdin | Nordley | D. Irizarry |
|-----------------|---|---------|----------|--------|-----------|---------|-------------|
| O | 5 | 38.000 | 38.000 | 38.000 | 38.000 | 44.500 | 45.000 |
| | 0 | 30.000 | 29.700 | 27.000 | 32.000 | 30.000 | 29.900 |
| B | 3 | 18.800 | 19.000 | 16.000 | 17.000 | 18.700 | 18.900 |
| | 5 | 16.400 | 15.400 | 14.000 | 15.000 | 15.400 | 15.450 |
| | 8 | 13.400 | 11.800 | 12.000 | 12.500 | 11.900 | 10.700 |
| A | 0 | 10.800 | 9.480 | 10.000 | 9.500 | 9.520 | 9.470 |
| | 2 | 9.730 | 8.810 | 9.000 | 9.000 | 8.970 | 8.870 |
| | 5 | 8.620 | 8.160 | 8.500 | 8.700 | 8.200 | 8.170 |
| | 7 | 8.190 | 7.930 | 8.000 | 8.100 | 7.850 | 7.810 |
| F | 0 | 7.240 | 7.020 | 7.500 | 7.400 | 7.200 | 7.100 |
| | 2 | 6.930 | 6.750 | 7.000 | 7.100 | 6.890 | 6.800 |
| | 5 | 6.540 | 6.530 | 6.500 | 6.400 | 6.440 | 6.500 |
| | 8 | 6.200 | 6.160 | | 6.100 | 6.200 | 6.150 |
| G | 0 | 5.920 | 5.930 | 6.000 | 5.900 | 6.030 | 5.950 |
| | 2 | 5.780 | 5.830 | | 5.800 | 5.860 | 5.800 |
| | 5 | 5.610 | 5.680 | | 5.600 | 5.770 | 5.710 |
| | 6 | | 5.620 | 5.500 | | | 5.650 |
| K | 8 | 5.490 | | | 5.300 | 5.570 | 5.520 |
| | 0 | 5.240 | 5.240 | | 5.100 | 5.250 | 5.190 |
| | 2 | 4.780 | 5.010 | 5.250 | 4.830 | 5.080 | 4.900 |
| | 5 | | 4.340 | 4.250 | 4.370 | 4.350 | 4.320 |
| M | 7 | 4.410 | 4.040 | 4.000 | | 4.060 | 4.040 |
| | 8 | | | | 3.900 | | 3.980 |
| | 0 | 3.920 | 3.800 | 3.750 | 3.670 | 3.850 | 3.870 |
| | 1 | 3.680 | 3.680 | | | 3.850 | 3.870 |
| M | 2 | 3.500 | 3.530 | 3.500 | 3.400 | 3.580 | 3.600 |
| | 5 | 3.120 | 3.030 | | | 3.240 | 3.250 |
| | 6 | | 2.850 | | | 3.050 | 3.220 |
| | 8 | 2.660 | | | | 2.640 | 2.620 |

Tabla 7. Temperaturas efectivas.

En base a esta tabla obtuvimos temperaturas efectivas de 3198 y 3030 K para las componentes primaria y secundaria.

Luminosidad

A continuación vamos a calcular la luminosidad de cada una de las estrellas, tanto la visual como la bolométrica, la cual vendrá dada en unidades solares (ver tabla 8).

- a) Luminosidad Visual: $L / L^{\circ} = 2,512 (4,83 - MV)$
 b) Luminosidad Bolométrica: $L / L^{\circ} = 2,512 (4,75 - Mbol)$

Donde 4,83 y 4,75 son la magnitud absoluta visual (Mv) y bolométrica (MBol) (respectivamente) del Sol.

Como es más fácil emplear logaritmos, las anteriores ecuaciones quedan así:

- a) Visual: $\log (L / L^{\circ}) = 0,4 (4,83 - MV)$
 b) Bolométrica: $\log (L / L^{\circ}) = 0,4 (4,75 - Mbol)$

Estos son los resultados tanto para A como para B.

TABLA 8. LUMINOSIDADES.

| | LUMINOSIDAD VISUAL | LUMINOSIDAD BOLOMÉTRICA |
|---|--------------------|-------------------------|
| A | 0,00059 | 0,0068 |
| B | 0,00010 | 0,0023 |

Estas serían las luminosidades comparadas con el Sol (Sol = 1), por lo que deducimos que no encontramos con un par de la secuencia principal y de una potencia lumínica muy inferior a nuestra estrella, lo que es normal al ser dos enanas rojas (espectro M).

TABLA 9. DATOS ASTROFÍSICOS I.

| COMP. | DISTANCIA (pc) | MÓDULO DE DISTANCIA | TEMP. (K) | LUMINOSIDAD VISUAL | LUMINOSIDAD BOLOMÉTRICA |
|-------|----------------|---------------------|-----------|--------------------|-------------------------|
| A | 16,3 | 1,06 | 3198 | 0,00059 | 0,0068 |
| B | 14,1 | 0,75 | 3030 | 0,0001 | 0,0023 |

Radio Estelar

El siguiente paso será encontrar el radio para ambas estrellas. Para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$\log R = 0,5 \log (L) + 2 \log (5780/T)$$

Donde L sería la luminosidad de la estrella. T sería la temperatura de la estrella en cuestión.

El valor obtenido para el radio de estas estrellas es de 0,26 y 0,17 comparado con el valor 1 que sería el del Sol. Si quisiéramos saberlo en km, tendríamos que multiplicar por 696000 km que es el radio de nuestra estrella (ver tabla 10).

Masas estelares

Ahora nos encontramos con el problema de hallar la masa de estas estrellas. Es conocida la gran dificultad que existe para poder calcular la masa de una estrella solitaria, no así para estrellas dobles. De todas formas, en el último siglo se ha conseguido establecer una *relación masa – luminosidad* la cual nos ayuda a poder calcular la masa de las estrellas.

$$L = M^n$$

Donde n sería una constante muy difícil de calcular por los astrofísicos y que varía de unas estrellas a otras debido a que se tienen en cuenta temperaturas de sus hornos nucleares, densidades medias, pesos moleculares, etc. En este trabajo usamos las relaciones *masa-luminosidad* publicadas por Kirkpatrick, McCarthy & Donald (1994). Las masas obtenidas son 0,18 y 0,12 masas solares (ver tabla 10).

Densidades

Habiendo obtenido las masas y su radio, estamos en condiciones de encontrar las densidades que vienen dadas por la siguiente fórmula relacionada con el Sol (ver tabla 10).

$$\text{Densidad} = 1410 * (M/R^3)$$

De lo cual se deduce que cuanto más grande es el radio de una estrella menor es su densidad.

Aceleración gravitatoria en superficie

Para hallar la aceleración gravitatoria en superficie utilizaremos la siguiente expresión

$$G = 274 M/R^2$$

Siendo el resultado expresado en m/s^2 (tabla 10). Cuanto más grande es una estrella menor es su aceleración gravitatoria.

Velocidad de escape

Por último vamos a calcular la velocidad de escape para ambas estrellas (tabla 10). Se entiende por Velocidad de Escape o Velocidad parabólica la velocidad mínima que ha de adquirir una masa para poder escapar de la atracción superficial de un astro y viene dada por la ecuación:

$$V_e = 619 \sqrt{M/R}$$

Expresada en km/s.

TABLA 10. DATOS ASTROFÍSICOS II.

| COMP. | PARALAJE | RADIO | MASA | DENSIDAD (kg/m³) | ACELERACIÓN (m/s²) | VELOCIDAD DE ESCAPE (km/s) |
|-------|----------|-------|------|------------------|--------------------|----------------------------|
| A | 0,0613 | 0,26 | 0,18 | 14929 | 736 | 428 |
| B | 0,0709 | 0,17 | 0,12 | 34530 | 1174 | 437 |

Tiempo potencial de vida

Para calcular el tiempo potencial de vida de una estrella tendremos que compararla con la vida que se le calcula a nuestro Sol, unos 10800 millones de años, que sería el tiempo que tardaría el Sol en consumir el 10% de su masa transformándola en helio.

De la fórmula que se expone a continuación se deduce que cuánta más masa tiene una estrella también es más luminosa y por lo tanto más deprisa se consume su combustible.

$$T_{pv} = 10800(M/L)$$

Donde M sería la masa y L la luminosidad.

De este modo, haciendo las sustituciones pertinentes, nos quedaría un tiempo potencial de vida para nuestro par de 281 y 563 Giga-años (tabla 11).

Limites de zona habitable

Se entiende por zona habitable (Zhab) la región del espacio que circunda a una estrella y en la que podría encontrarse un planeta rocoso similar a la Tierra en el que se dieran las condiciones para que pudiera existir agua en estado líquido. En su límite interno y más próximo a la estrella, la temperatura no debe superar los 100° C y en su límite externo no debería bajar de 0° C. Naturalmente, existen otros condicionamientos como por ejemplo la clase de estrella, su luminosidad, etc. Y en cuanto al planeta son condicionantes su atmósfera, agua y otras características para delimitar esta zona habitable. En el sistema solar la zona habitable es de 1 ua, pero también se podría extender entre el 0,75 % y el 1,50% de las distancias al Sol. Con lo cual, mediante la ley del cuadrado inverso obtenemos los siguientes resultados (tabla 11).

$$Z_h \text{ óptima} = \sqrt{L}$$

$$Z_h \text{ mínima} = 0,75 \sqrt{L}$$

$$Z_h \text{ máxima} = 1,50 \sqrt{L}$$

Aunque hemos calculado las zonas de habitabilidad, sabemos que no podrían nuestras componentes tener exoplanetas con condiciones similares a las nuestras, debido a que al estar muy cercanas a las estrellas, estas capturarían su rotación al igual que sucede con la Luna respecto a la Tierra.

TABLA 11

| COMP. | TIEMPO POTENCIAL DE VIDA (giga-años) | ZONA DE HABITABILIDAD EN UA | | |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|
| | | ÓPTIMA | MÍNIMA | MÁXIMA |
| A | 281 | 0,082 | 0,06 | 1,23 |
| B | 563 | 0,047 | 0,035 | 0,071 |

Naturaleza del sistema

Todos los datos obtenidos en los cálculos anteriores apuntan a un par de movimiento propio común. Además, la probabilidad de que ambas componentes se encuentren a la misma distancia es del 95%.

El movimiento propio de cada estrella similar y una distancia prácticamente igual son evidencias fuertes a favor del carácter binario de este par de estrellas. No obstante, vamos a usar otros criterios para confirmar su carácter binario.

—Criterio de Sinachopoulos

El criterio de Sinachopoulos & Mouzourakis

(1992) nos relaciona la velocidad tangencial de las componentes con la máxima velocidad orbital permitida.

Según este criterio, si en un sistema la $V_t > 3V_{m\acute{a}x}$ estaríamos ante un par de naturaleza óptica, si por el contrario la $V_t < V_{m\acute{a}x}$ podríamos encontrarnos ante un par físico.

En nuestro caso la velocidad tangencial relativa sería de 0,46 km/s y la velocidad orbital máxima circular y no circular serían respectivamente de 0,94 y 1,04 km/s.

Para encontrar la velocidad tangencial relativa, hemos partido de los datos de movimiento propio de cada componente hallados en el catálogo USNO-B1. La velocidad tangencial fue calculada mediante la siguiente expresión.

4,74 x pársec x movimiento propio relativo.

Por lo tanto, según este criterio nos encontramos ante un par físico.

—Criterio de J. L. Halbwachs

El criterio de Halbwachs (1986) está basado en la cinemática de las estrellas componentes de un sistema. En primer lugar este criterio discrimina que el par sea efectivamente de MPC y para ello tiene que satisfacer la siguiente condición:

$$(\mu_1 - \mu_2)^2 < (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \ln 0,05$$

Hallados los cálculos según este criterio estamos ante un par de MPC, teniendo en cuenta el valor de $T = 30$, y que el porcentaje de afinidad sería del 99%, la pareja sería física.

Y aplicando el criterio de Francisco Rica nos encontramos que la considera *probablemente física* (85%).

—Criterio de Jean Dommaget

Jean Dommaget (1955, 1956) estableció un criterio para la no-periodicidad del movimiento relativo de las componentes de una estrella doble para la cual, la velocidad relativa aparente es conocida. Este criterio comienza con la expresión de la energía integral (en el problema de los dos cuerpos) y emplea la *relación masa-luminosidad* calculando un límite inferior de la paralaje dinámica del sistema estelar. En un número de casos este criterio permite la clasificación del movimiento como no periódico (es decir, movimiento parabólico, hiperbólico y rectilíneo) y por tanto la clasificación como estrella doble óptica.

En este caso nos daría una paralaje dinámica de 0,026" y una distancia de 38,4 pársecs por lo tanto este par sería físico.

Cclusiones

Teniendo en cuenta que los principales criterios

de binariedad, como los de Jean Dommaget (1955, 1956), van de Kamp (1961), Sinachopoulos & Mouzourakis (1992), usan desarrollos análogos de la mecánica celeste, procedimos como en el artículo de Rica (2011), unificando todos estos criterios. Por tanto, comparamos la velocidad tangencial relativa del sistema con su velocidad de escape. Aunque tenemos un error observacional importante para el movimiento relativo, hemos usado un proceso Monte Carlo con unas 25.000 simulaciones. En el 100 % de las simulaciones, la velocidad relativa (y proyectada) observada es menor que la velocidad de escape (máxima, al usar s en lugar de r). Por tanto podemos concluir diciendo que este sistema binario está compuesto por estrellas gravitacionalmente unidas. La velocidad relativa del sistema es de 0,46 km/s, mientras que la velocidad de escape máxima es de 1,13 km/s.

Agradecimientos

Juan Lendínez agradece a su mujer Tere y a su hijo Juan Jesús todo el tiempo que le han regalado para realizar este estudio. A todo su grupo de observación, en especial al gran doblista Ramón Palomeque Messía, su compañero de afición, por sus constantes ánimos. De un modo muy especial, a José Manuel Ramos de la Agrupación Astronómica de Córdoba, por hacer de la astrofísica algo asequible a los aficionados. A Rafael Benavides por su apoyo telefónico. ☺

Notas

¹http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss_plate_finder

²<http://www.astrometrica.at/>

³<http://www.astrosurf.com/hfosaf/>

⁴<http://gedraa.redastronomica.com.ar/>

⁵<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/ftools/fv/>

⁶<http://www.aavso.org/download-apass-data>

Fuentes

WDS y NOMAD-1, ambos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO).

Esta investigación ha hecho uso de los datos ofrecidos por Two Micron All Sky Survey (2MASS), 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.

Boletines n° 33 y 34 de la Agrupación Astronómica de Córdoba. <http://www.astrocordoba.es/>

Esta investigación ha hecho uso del Digitized Sky Survey (DSS) que fue producido por Space Telescope Sky Survey (DSS) dependiendo de Space Telescope Science Institute under U.S. Government grant NAG W-2166. Las imágenes de estos surveys están basadas en datos fotográficos obtenidos usando el Oschin Schmidt Telescope sobre Palomar Mountain y el UK Schmidt Telescope. Las placas fueron procesadas a su actual formato digital comprimido con el permiso de

esas instituciones. Sitio Web: <http://stdata.stsci.edu/dss/>

En este trabajo se hizo uso del software Aladin, un Atlas Celeste interactivo que permite al usuario visualizar imágenes digitalizadas de cualquier parte del cielo, superponer entradas de catálogos astronómicos o archivos de datos personales y acceder interactivamente a datos e información procedente de SIMBAD, NED, VizieR u otros archivos de todos los objetos conocidos en el campo de visión. Disponible en: <http://aladin.u-strasbg.fr/>

Referencias

Dommanget, J., 1955, BAORB, 20, 1
Dommanget, J., 1956, BAORB, 20, 183

Halbwachs, J.L., 1986, A&AS, 66, 131B
Kiraga, M. & Stephen, K., 2007, ACA, 57, 149
Kirpatrick, J. D., McCarthy, D. W. Jr., 1994, AJ, 107, 333
Lendínez, J., 2012, OED, 8, 112
Sinachopoulos, D., Mouzourakis, P., 1992, *Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research*, IAU Colloquium 135, ASP Conferences Series, Vol. 32, 252
Ramos, J. M., 2003, Boletín AAC, 33, p. 28
Ruiz, M. T., Maza, J., 1990, AJ, 99, 995
van de Kamp, P., 1961, PASP, 73, 389
Zombeck, M.V., 1990, *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics*, Cambridge University Press.

El uso de los movimientos propios para determinar la naturaleza de una estrella doble

The use of common proper motions to determine the nature of double stars

Francisco M. Rica Romero

■ Agrupación Astronómica de Mérida (Badajoz, España), Coordinador de la Sección de Estrellas Dobles de la Liga Iberoamericana de Astronomía (LIADA)

■ Correo-e: frica0@gmail.com

En el mundo de las estrellas dobles, la determinación de la naturaleza (física u óptica) es una de las tareas más importantes. Uno de los métodos usados es analizar los movimientos propios de ambas componentes y ver si son comunes. Los astrónomos noveles no suelen realizar correctamente este tipo de test cuando descubren sus primeras dobles. Este artículo intenta arrojar algo de luz y evitar ciertos vicios incorrectos.

One of the most important tasks in the Double-Star astronomy is the determination of their nature (physical or optical). The method explained here compares the proper motion of the components to see if there is common proper motion. The newbie astronomers, frequently use incorrectly this method when they discover their first double stars. This article tries to shed some light and avoid the fault.

Introducción

EN 1617, EL ITALIANO BENEDETTO CASTELLI (figura 1), escribió una carta a Galileo Galilei, de quien era discípulo, contando que había observado con un telescopio a Mizar y Alcor. Para su asombro desdobló en dos estrellas a Mizar, siendo ésta la primera doble telescópica en ser descubierta (figura 2). Desde entonces existen catalogadas más de 100.000 estrellas dobles. Muchas de estas son ópticas, otras son conocidas como binarias, es decir, dobles físicas, y otras muchas poseen una naturaleza desconocida.

A los astrofísicos, por supuesto, sólo les interesan las estrellas binarias, es decir, las dobles físicas. Aquellos pares de naturaleza óptica no son de utilidad para la astrofísica. Por ello, es importante determinar la posible naturaleza de aquellas dobles que medimos o incluso que descubrimos. Existen diversos criterios para determinar la posible naturaleza de una estrella doble. En este artículo nos centraremos en el uso de los movimientos propios para determinar, de forma rápida y con base matemática, si una pareja de estrellas puede ser óptica o física. Aunque existen *tests* como el de Halbwachs (1986) y Grocheva & Kiselev, aquí no vamos a usarlos.

¿Qué es el movimiento propio de una estrella?

Las estrellas de nuestra galaxia tienen un movimiento de rotación alrededor del centro de la Vía

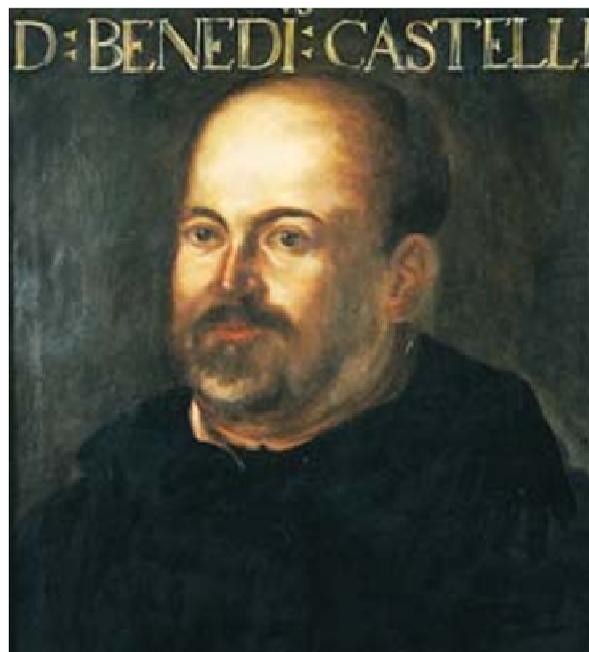


Figura 1. Benedetto Castelli (Wikipedia).

Láctea. En nuestra galaxia existen estrellas a diferentes distancias del núcleo galáctico (hay estrellas cercanas y otras alejadas del núcleo) así como estrellas con planos orbitales diferentes (las estrellas jóvenes suelen tener el disco galáctico como plano orbital, mientras que las estrellas viejas del halo suele tener una gran inclinación orbital sobre el plano galáctico). Esto hace que cada estrella pueda tener órbitas galácticas más o menos diferentes al resto. Nuestro Sol, situado a unos

8.500 parsecs (unos 27.700 años-luz) del centro de nuestra galaxia, tarda unos 240 millones de años (periodo llamado año cósmico) en completar una vuelta al núcleo de la Vía Láctea. Desde su nacimiento nuestra estrella madre ha completado unas 20 vueltas. Desde nuestro planeta, las estrellas se muestran aparentemente inmóviles. Pero esto realmente no es así ya que el movimiento galáctico de cada estrella, relativo a nuestro Sistema Solar, es proyectado lentamente sobre la bóveda celeste. Lo que sucede es que este movimiento es realmente pequeño para una inmensa mayoría de estrellas y generalmente es medible con el paso de varias décadas de años, y usando instrumental y software específicos. El movimiento propio fue descubierto en 1718 por Edmund Halley, quien notó que Sirius, Arcturus y Aldebarán estaban más de medio grado desplazadas de las posiciones tabuladas por el astrónomo griego Hiparco de Nicea aproximadamente 1850 años antes.

¿Dónde obtener datos de movimientos propios?

Existen diversos catálogos que listan los movimientos propios de las estrellas que contienen. Algunos de los catálogos más importantes son:

— **Hiparcos:** este catálogo de gran precisión fue publicado en 1997 y contiene más de 100.000 estrellas, siendo 9 la magnitud límite alcanzada. Aunque a veces aparecen estrellas más débiles. La precisión astrométrica de este catálogo es probablemente la más alta obtenida. La misión del satélite Hiparcos duró unos 3-4 años y por tanto los movimientos propios que lista podrían estar afectados por posible duplicidad desconocida de la estrella. Por ello, en ocasiones, se recomienda usar otro catálogo para los movimientos propios.

— **Tycho-2:** Este catálogo fue obtenido por el satélite Hiparcos y lista unos 2.500.000 de estrellas con magnitud límite situada entre 11,00 y 11,50. Los movimientos propios listados tienen una precisión media de 2,5 msa/año (1 msa = 0,001 segundos de arco) y son derivados a partir de la comparación con el Astrographic Catalogue (AC 2000) y otros 143 catálogos astrométricos. Por tanto, usó una línea base temporal que a veces supera los 100 años.

— **PPMXL:** Catálogo que combina los catálogos 2MASS y USNO-B1.0 para obtener movimientos propios de varios cientos de millones de objetos (hasta magnitud 20). La precisión media de los movimientos propios es de 4 msa/año (aunque dependiendo de ciertos factores, puede llegar a ser de hasta 10 msa/año) y han sido obtenidos en base a seis mediciones astrométricas (cinco del USNO-B1.0 y una del 2MASS) aunque en algunos casos sólo utilizaron dos (una medida antigua del USNO-B1.0 y la astrometría del 2MASS). Si nuestra estrella no tiene datos en el catálogo Tycho-2, el catálogo PPMXL es la mejor opción. Este catálogo es el sucesor del PPMX.

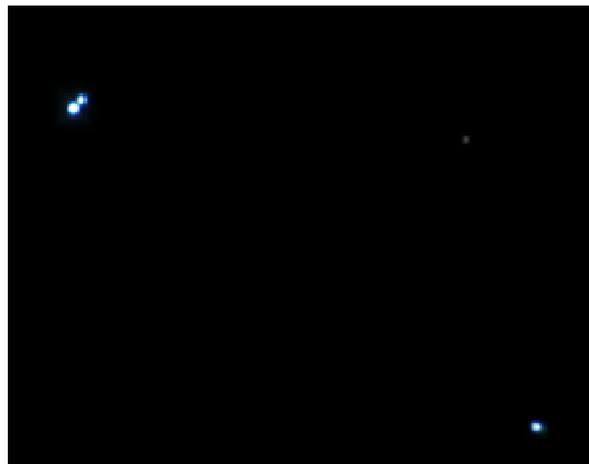


Figura 2. Mizar y Alcor. Mizar (esquina superior izquierda) fue la primera estrella doble descubierta telescópicamente. Crédito: Computer Physics Lab (<http://computerphysicslab.wordpress.com/2009/03/24/mizar-alcor/>).

— **UCAC3:** Este catálogo lista 100 millones de estrellas entre las magnitudes 8 y 16 (95 millones con datos de movimiento propio). Los movimientos propios de estrellas brillantes están basadas en el uso de hasta 140 catálogos (incluyendo todos los catálogos usados por el Tycho-2). La precisión está entre 1÷10 msa/año. Según los mismos autores del catálogo, los movimientos propios para estrellas débiles ($R > 13,5$) deben ser usados con precaución. Estudios posteriores mostraron que los movimientos propios tienen dependencias de placa para declinación > -20 grados. Este catálogo es el sucesor del UCAC2.

— **UCAC4:** Recientemente se ha hecho público este interesante catálogo que es el sucesor del UCAC3. Lista 114 millones de objetos con magnitudes entre 8 y 16 (las estrellas más brillantes son importadas de catálogos como Hiparcos y Tycho-2). Para casi todas las estrellas, lista los movimientos propios, obtenidos, al igual que el UCAC3, en base a 140 catálogos astrométricos. También muestra datos del 2MASS para 110 millones de estrellas y (importante novedad en esta versión) también lista datos fotométricos ópticos en cinco bandas (B,V,g,r,i) para 50 millones de estrellas. Estos datos fotométricos proceden del catálogo APASS (AAVSO Photometric All-Sky Survey).

Estos son los principales catálogos donde podemos encontrar información de movimientos propios, pero existen otros de menor entidad (USNO-B1.0, SCSS cat., etc.) y algunos de buena calidad. Se recomienda que al utilizar la herramienta Aladin o Vizier, consultemos todos los catálogos existentes para la zona que estamos estudiando, por si pudieran aparecer otros catálogos con movimientos propios.

Pero, ¿cómo acceder a estos catálogos? Pues nada más sencillo que utilizar la herramienta Aladin

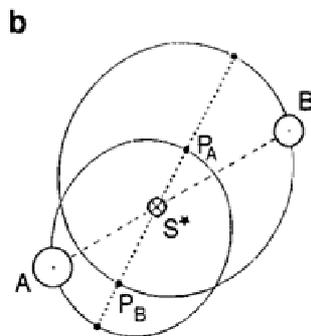
(<http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>) o VizieR (<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>). En este trabajo asumimos que el lector tiene conocimientos básicos sobre el uso de estas herramientas.

Conceptos de binariedad y cinemática

Un sistema binario, es decir, una estrella doble física o con componentes gravitacionalmente unidos, debe cumplir varios requisitos. Uno de estos requisitos es que ambas componentes estelares estén a la misma distancia de nosotros. Otro de los requisitos es que la cinemática (velocidad proyectada y velocidad radial) para las componentes estelares debe ser muy similar para ambas estrellas. Eso se traduce a que deben tener *movimiento propio común*. Por tanto, los “movimientos propios” de ambas componentes tienen que ser muy similares. He entrecomillado la expresión movimiento propio porque realmente, cuando estamos ante una binaria, no observamos el movimiento propio de ambas estrellas. Realmente, el movimiento que apreciamos para cada estrella es una combinación entre el movimiento propio del centro de masa (MP_{CM}) y el movimiento orbital de la estrella alrededor del centro de masas (MO_{CM}). La figura 3 muestra un sistema binario con componentes A y B. Ambas estrellas giran alrededor del Centro de Masa (S^*). Veámoslo con un ejemplo. Supongamos que tenemos un sistema binario con las siguientes características:

- $MP_{CM} = 100$ msa/año
- Movimiento aparente de la componente primaria = $MP_{CM} + MO_{CM_{pri}} = 100 + 2 = 102$ msa/año
- Movimiento aparente de la componente secundaria = $MP_{CM} + MO_{CM_{sec}} = 100 + 6 = 106$ msa/año

En este ejemplo, el movimiento orbital es de 2 y 6 msa/año para la primaria y secundaria. Vemos



como los movimientos aparentes de A y B (los mal llamados “movimientos propios”) son 102 msa/año y 106 msa/año. La diferencia entre estos movimientos (en módulo), 4 msa/año, es el movimiento orbital aparente y relativo de B con respecto a la componente A.

Así que...
¿podemos decir que si las

Figura 3. Órbitas absolutas de dos estrellas en torno al centro de masas. Crédito: Teodoro Vives, Estrellas binarias, (<http://www.portalciencia.net/vives1/vives1.html>)

componentes estelares de una estrella doble tienen movimientos aparentes muy similares entonces es una binaria? No exactamente. ¡Debemos tener precaución a la hora de interpretar esto! El número de estrellas con un movimiento propio determinado es inversamente proporcional al tamaño del movimiento propio. Dicho en otras palabras, cuanto menor es el movimiento propio más estrellas podemos encontrar con movimientos similares. Además, (1) el movimiento propio común es una condición necesaria pero no suficiente para que un par de estrellas sea binaria, y (2) cuanto más grande sea el movimiento propio común, menor es la posibilidad de que esta pareja de estrellas se forme casualmente y por tanto mayor es la posibilidad de que formen una binaria. Al contrario, cuanto más pequeño sea el movimiento propio común, mayor es la posibilidad de que se forme casualmente y que sea óptica. Veamos algunas situaciones que podremos encontrar:

— Imaginemos que las componentes de una estrella doble tienen un importante movimiento propio común (por ejemplo, mayor de 200 msa/año). Esta pareja de estrellas seguramente sea una binaria ya que existen muy pocas estrellas con movimientos propios tan altos y por tanto la probabilidad de que dos estrellas cercanas compartan dicho movimiento de forma casual es extremadamente baja.

— Otro caso es el siguiente: Imaginemos que las componentes de una estrella doble tienen un muy pequeño movimiento propio común (por ejemplo, menor de 15 mas/año). Existen muchas estrellas con movimientos propios tan pequeños. Se trata generalmente de las estrellas de fondo, o sea, débiles y lejanas estrellas. Por tanto encontrar una pareja de estrellas próximas y no relacionadas físicamente, con tales movimientos propios es relativamente fácil. En estos casos no podemos concluir en nada y sí que podemos decir que no sería nada extraño estar ante una pareja óptica.

Análisis de los movimientos propios

— Distribuciones normales y uso del valor σ (sigma)

Ahora necesitamos saber algunos conceptos de matemáticas, concretamente de estadística. Necesitamos estar algo familiarizados con conceptos como distribución normal y desviación estándar (σ). El objetivo de este artículo no es dar explicación detallada de estos conceptos, por lo que se recomienda al lector buscar en Internet.

En resumen diré que múltiples mediciones de una misma magnitud (por ejemplo, la distancia angular de una doble) se distribuyen siguiendo una característica determinada. La distribución más conocida es la normal o distribución de Gauss, donde las mediciones se distribuyen como en la gráfica

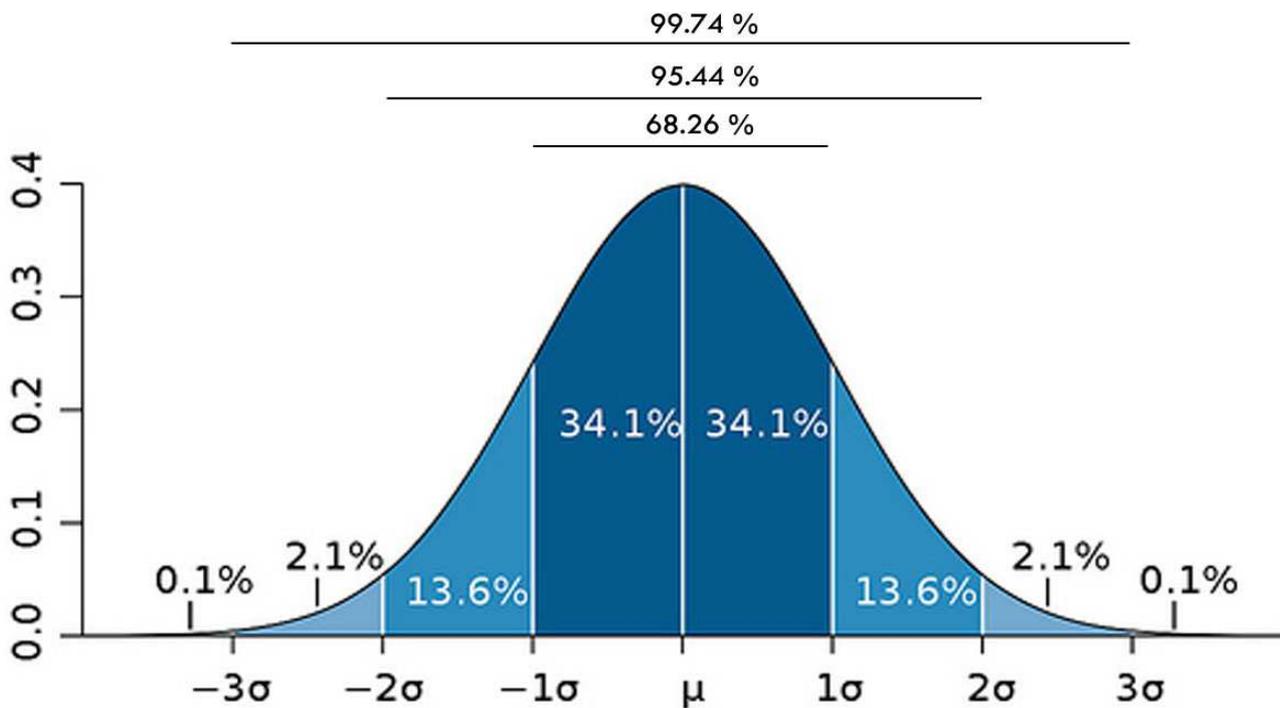


Figura 4. Crédito: Adaptado de <http://buengestor.wordpress.com/tag/distribucion-normal/>

mostrada (figura 4). Esta distribución se caracteriza por un valor medio (el punto más alto de la distribución) y su σ . Cuando en los artículos de ciencia se indican expresiones como que el movimiento propio es 125 ± 8 msa/año, quieren decir que 125 es la media y 8 es el valor σ . Por tanto:

- en el intervalo de valores que va de $125 - \sigma$ a $125 + \sigma$ msa/año se encuentran el 68,26 % de las mediciones.
- en el intervalo que va de $125 - 2\sigma$ a $125 + 2\sigma$ msa/año se encuentra el 95,44% de las mediciones.
- en el intervalo que va de $125 - 3\sigma$ a $125 + 3\sigma$ msa/año se encuentra el 99,74% de las mediciones.

Pero realmente, en el contexto de los movimientos propios, no podemos hablar de N mediciones de movimientos propios para una estrella. Verdaderamente, sólo hay un movimiento propio calculado (para un catálogo se entiende) y en este caso el valor de σ podríamos interpretarlo como la probabilidad de encontrar el valor real del movimiento propio en un determinado intervalo de valores.

Para saber si dos estrellas pueden tener el movimiento propio común vamos a utilizar estos principios de media y sigma. De una forma gráfica imaginemos el movimiento propio para dos estrellas como esa distribución normal (esa forma de campana). Ahora coloquemos estas “campanas” en una escala de movimiento propio. Podemos encontrarnos varios casos:

–Si ambas campanas no se tocan, entonces diremos que ambas estrellas tienen movimientos propios incompatibles (desde el punto de vista matemático) y por tanto no pueden tener el mismo movimiento

propio.

–Ambas campanas se solapan. En este caso no podemos descartar que estas dos estrellas tengan movimiento propio común. La probabilidad de que lo tengan dependerá de si el solapamiento es grande o no.

Por tanto, una aproximación analítica simple al problema puede ser la que se expone:

- Para las estrellas primaria y secundaria tenemos su movimiento propio (en una componente) y sigma (μ_{pri} y σ_{pri} para la primaria) y (μ_{sec} y σ_{sec} para la secundaria).
- Para el caso en el que $|\mu_{pri}| > |\mu_{sec}|$:
 - si $|\mu_{pri}|-3\sigma > |\mu_{sec}|+3\sigma$ entonces ambas estrellas tienen un movimiento propio incompatible.
 - si $|\mu_{pri}|-3\sigma < |\mu_{sec}|+3\sigma$ entonces ambas estrellas pueden tener movimiento propio común.
- Para el caso en el que $|\mu_{pri}| < |\mu_{sec}|$:
 - si $|\mu_{pri}|-3\sigma < |\mu_{sec}|-3\sigma$ entonces ambas estrellas tienen un movimiento propio incompatible.
 - si $|\mu_{pri}|-3\sigma > |\mu_{sec}|-3\sigma$ entonces ambas estrellas pueden tener movimiento propio común.

En la práctica estos cálculos lo realizaremos en base a una hoja Excel (que podéis solicitar al autor del artículo), la cual determina la probabilidad de que dos estrellas tengan el mismo movimiento propio.

— Establezcamos unos requisitos previos

Es necesario tener en cuenta unos requisitos previos antes de emitir conclusiones:

–rechazar estrellas dobles cuyos componentes tengan

MP pequeños. Por pequeños nos referimos a los típicos MP de las estrellas de fondo galáctico. Salvo excepciones, estamos hablando de débiles estrellas muy distantes con grandes errores (expresados en porcentaje) en los movimientos propios. Ante este tipo de estrellas es muy complicado concluir en nada fiable ya que existen tantas estrellas con tales MP pequeños, que la contaminación de pares ópticos es grande. ¿Qué valor de corte podemos usar? Un buen corte en MP puede ser rechazar dobles con componentes que posean $MP \leq 15$ msa/año.

—Rechazar estrellas dobles cuyas componentes tengan movimientos propios de baja calidad. Por ejemplo podríamos rechazar dobles con componentes estelares que posean movimientos propios con una relación señal/ruido ≤ 3 , es decir, donde $MP/error \leq 3$. O explicado de otra forma, donde el MP tenga un error superior al 33%. Un ejemplo: si una doble tiene una componente con $MP = 50 \pm 20$ msa/año debemos rechazarla para nuestro estudio, ya que este MP tiene un error del 40%.

Si una estrella doble supera los requisitos anteriores entonces podrá ser analizada usando la base de una distribución normal y de su sigma (ver apartado anterior).

En un futuro no muy lejano, algunas misiones espaciales con telescopios astrométricos (por ejemplo GAIA) obtendrá datos de MP tan precisos que cambiará bastante nuestro esquema a la hora de analizar los movimientos propios para determinar la naturaleza. La situación será muy diferente ya que los errores en los MP serán muy, muy pequeños y los movimientos orbitales de binarias (incluso los de largo periodo) serán muy superiores a estos errores. Eso significa que todo lo expuesto aquí no se puede aplicar.

— Algunos ejemplos reales

Esto puede ser un tanto confuso de entender. Veámoslo con algunos ejemplos reales y de forma gráfica.

• Caso 1: Doble con MP incompatibles y naturaleza óptica

En la constelación de Cisne nos encontramos con la doble WDS21441+2845 = STF2822 CD (figura 5). Está compuesta por dos brillantes estrellas de magnitudes 6,18 y 6,98 separadas por 198 segundos de arco. Está formada por una estrella amarilla (tipo espectral F6V) y por otra blanco-amarillenta (A5) y que por ser tan brillantes, el satélite Hipparcos obtuvo distancias bien precisas: paralajes π de $44,97 \pm 0,43$ msa y $11,60 \pm 0,63$ msa o lo que es lo mismo distancias de 22 y 86 parsecs. Los movimientos propios procedentes del catálogo Tycho-2 son:

—Para la primaria: $\mu(\alpha) = +277,4 \pm 2,7$ msa/año; $\mu(\delta) =$

$= -251,1 \pm 2,6$ msa/año

—Para la Secundaria: $\mu(\alpha) = -1,1 \pm 1,1$ msa/año; $\mu(\delta) = -54,5 \pm 1,0$ msa/año.

Claramente vemos como los MP de ambas componentes son totalmente incompatibles desde el punto de vista matemático (así en la componente de AR, la diferencia en MP es más de 100 veces el σ de la primaria). Además, según el satélite Hipparcos la componente D está 4 veces más alejada que la componente C, por lo que tenemos una evidencia clara del carácter óptico de esta pareja de estrellas.



Figura 5. STF2822 CD. Crédito: composición con Aladin.

• Caso 2: Doble con MP compatibles y naturaleza óptica

También en la constelación de Cisne nos encontramos con la doble WDS 19457+3605 = STF 2578 AB (figura 6). Está compuesta por dos brillantes estrellas de magnitudes 6,37 (tipo espectral B9,5V; color blanco) y 7,04 separadas por 14,9" cuya astrometría ha sido medida en 78 ocasiones. Ambas estrellas han sido observadas por el satélite Hipparcos: paralajes π de $3,33 \pm 1,81$ mas y $17,50 \pm 5,66$ mas, o lo que es lo mismo: distancias de 300 y 57 parsecs. Los movimientos propios procedentes del catálogo Tycho-2 son:

—Para la primaria: $\mu(\alpha) = +5,9 \pm 1,3$ msa/año; $\mu(\delta) = +8,9 \pm 1,3$ msa/año

—Para la Secundaria: $\mu(\alpha) = +4,1 \pm 2,1$ msa/año; $\mu(\delta) = +14,6 \pm 2,1$ msa/año.

Realmente, esta doble no cumple los criterios expuestos en secciones anteriores ya que sus movimientos propios son inferiores a 15 msa/año. Y, si bien no deberíamos si quiera analizar sus datos, en este artículo lo haremos, para ilustrar este tipo de casos. Desde el punto de vista matemático calculamos una probabilidad del 11% de estar ante estrellas con el mismo MP. Aunque la probabilidad es pequeña, no

podemos descartar que estemos ante un par de MP común. Pero, cuando tenemos en cuenta la paralaje trigonométrica del Hipparcos, vemos cómo ambas estrellas no están relacionadas, es decir, forman una doble óptica.

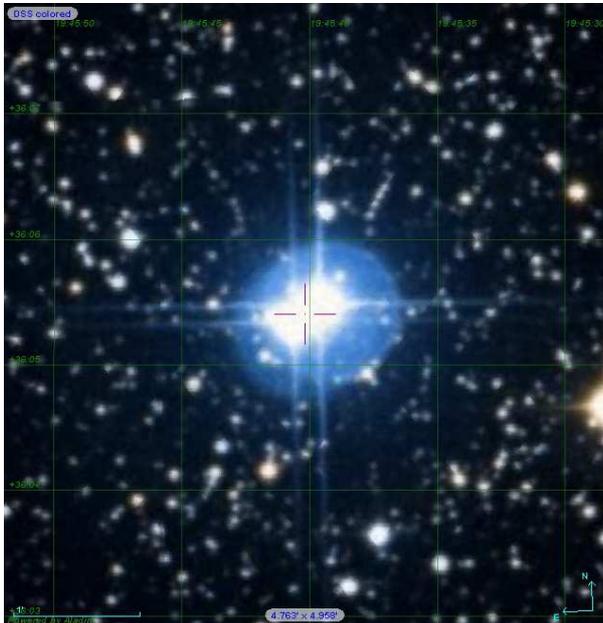


Figura 6. STF2578 AB. Crédito: composición con Aladin.

En las figuras 7 y 8 se muestran sendos diagramas para las componentes AR y DEC del MP.

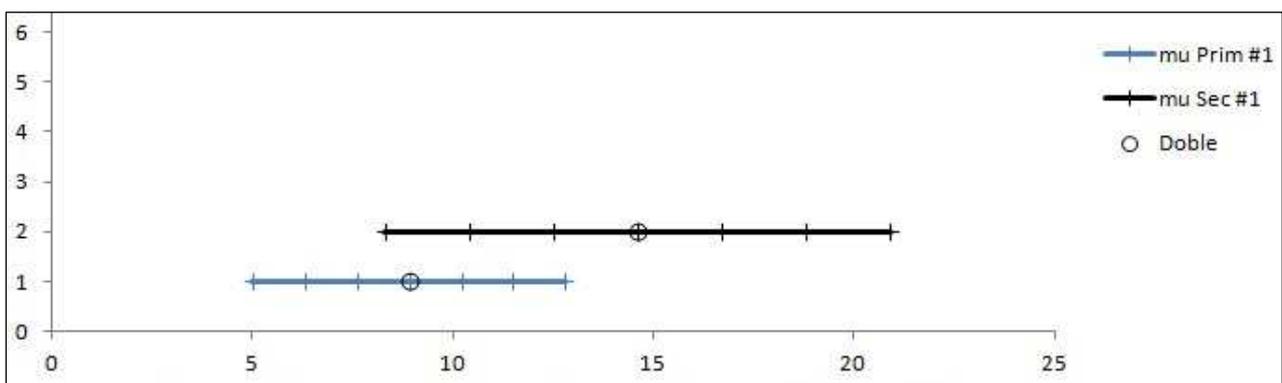
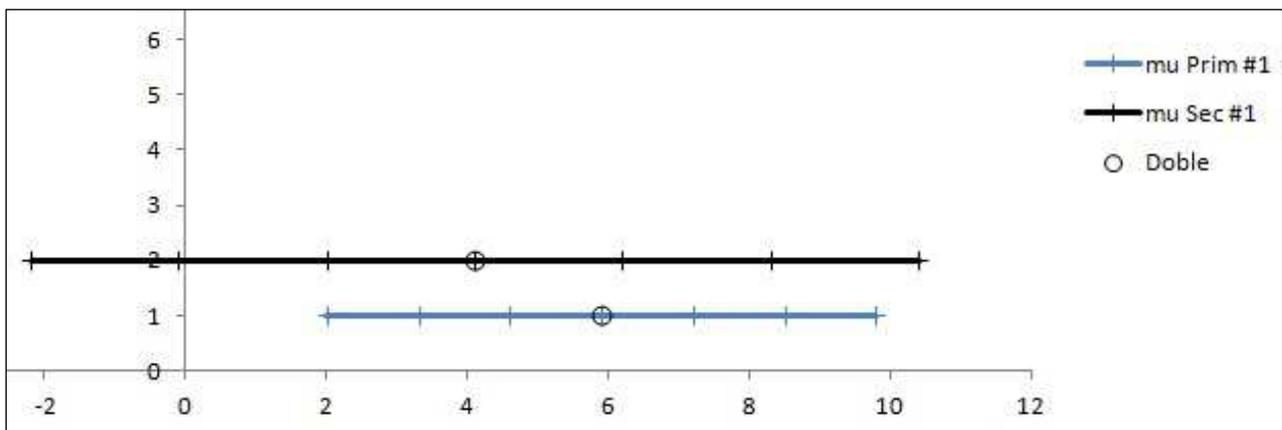


Figura 7 (arriba): $\mu(\text{AR})$ y Figura 8 (abajo): $\mu(\text{DEC})$. Ambas imágenes son cortesía del autor.

• Caso 3: Doble con MP incompatibles y naturaleza física (WDS 00184+4401 = GRB 34)

En la constelación de Andrómeda se encuentra un par de estrellas rojas (tipos espectrales M2V y M6V) separadas por 34" y que se mueven con un gran MP. Forman la estrella doble GRB 34 AB. Sus MP son:

-Para la primaria: $\mu(\alpha) = +2889 \pm 1,7$ msa/año; $\mu(\delta) = +410 \pm 1,7$ msa/año

-Para la Secundaria: $\mu(\alpha) = +2912$ msa/año; $\mu(\delta) = +351$ msa/año.

El MP de la primaria procede del catálogo PPMXL. Para la componente secundaria no he encontrado ninguna fuente que liste los errores en los MP y el valor que muestro procede del catálogo "LSPM-North proper-motion catalog nearby stars" de Lepine. La diferencia entre los MP de la componente A y B es de 23 y 59 msa/año para AR y DEC. Realmente, es una diferencia importante y la experiencia nos dice que tal diferencia puede sugerir que ambas estrellas forman un sistema óptico. Si asumimos que la componente B tiene errores en sus MP similares a los de la compañera más brillante, entonces comprobamos como ambas estrellas tienen MP incompatibles desde una base matemática y por tanto podríamos concluir diciendo que GRB 34 es una clarísima óptica.

Pero nada más lejos de la realidad. Si miramos un diagrama con las posiciones relativas (ver figura 9)

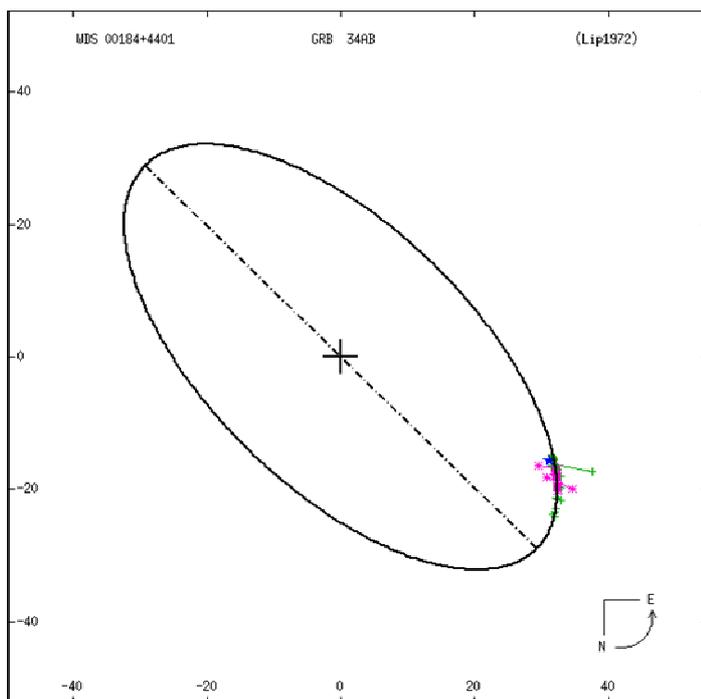


Figura 9. Órbita de GRB 34AB.
Crédito: <http://ad.usno.navy.mil/wds/orb6.html>

podemos comprobar cómo la trayectoria cubierta por la componente secundaria con respecto a la primaria, es ligeramente curvada. Esta curvatura es la prueba inequívoca de que estamos ante una auténtica binaria con componentes gravitacionalmente unidas, es decir, con estrellas que orbitan alrededor del centro de masas. De hecho en 1972 se calcularon unos parámetros orbitales.

¿Qué ha fallado entonces? No ha fallado nada. Anteriormente ya dijimos que este tipo de criterios para determinar la naturaleza de una doble usando sólo los MP se basan exclusivamente en las matemáticas y no en la física. El caso de GRB 34 se da porque el movimiento orbital aparente (medido en msa/año) es mucho mayor que los errores en los MP. Ésta es una situación excepcional que se da en binarias muy cercanas a nosotros. En la mayoría de las binarias separadas que nos vamos a encontrar, el movimiento orbital será muy pequeño, generalmente más pequeño que los errores en los MP, por lo que el uso del MP

para determinar la naturaleza de la mayoría de las dobles, será válido.

En un futuro, proyectos como GAIA obtendrán datos astrométricos de una precisión sin precedentes. Por tanto, los errores en los MP serán realmente pequeños. Ante esta situación va a ser habitual encontrarse binarias cuyo movimiento orbital sea mucho mayor que el error en los MP. Este será el fin parcial de la utilidad del criterio que usa los MP para determinar la naturaleza.

Conclusión

Los movimientos propios de las estrellas que componen una doble puede ser una información valiosa para permitir determinar la posible naturaleza del par. Pero debemos tener precaución y saber cuándo es posible realizar conclusiones firmes. El autor de este artículo, basado en su experiencia en investigación de binarias visuales, así como en investigación astronómica en general, sugiere evitar el uso de estrellas con movimientos propios pequeños y/o muy erróneos. Concluir en el carácter binario basándose en los pequeños e imprecisos movimientos propios comunes de sus componentes supone una mala praxis que debe ser evitada, y por desgracia existen ejemplos recientes publicados entre los astrónomos no profesionales. El autor no quiere decir que esas estrellas dobles compuestas por estrellas de muy pequeño movimiento propio no puedan ser binarias, sino que el factor de contaminación y el elevado error relativo de estos movimientos propios, no nos permiten ser concluyentes. Tengamos en cuenta que, aún cuando estos resultados puedan ser publicados por revistas especializadas (no profesionales) de prestigio, éstas no tienen por qué aceptar nuestras conclusiones. Desde hace un tiempo, un porcentaje pequeño de los astrónomos amateurs estamos dando una imagen de calidad ante los astrofísicos y todo esto puede dañar y echar a perder lo conseguido. ©

Referencias

- Grocheva, E., Kiselev, A., 1998, ASP Conference Series, Vol. 145
- Halbwachs, J. L., 1986, A&A, 66, 131

Nyquist, splitting y un poco de teoría sobre la resolución necesaria para resolver sistemas dobles

Nyquist, Splitting and a little bit of theory about the necessary resolution to resolve double stars

Francisco Carlos Soldán Alfaro

- Observatorio Amanecer de Arrakis MPC Z74 (Sevilla, España)
- Blog: <http://amanecerdearrakis.blogspot.com.es> | Correo-e: fsarrakis@gmail.com

En el presente artículo trataremos las bases teóricas inherentes al procesamiento de las imágenes CCD en cuanto a la resolución necesaria para resolver pares de estrellas dobles, y las limitaciones dadas por el instrumental, el sistema óptico y las condiciones del cielo. Sabemos que aunque tengamos altas resoluciones, en la práctica, es el seeing y el valor de FWHM que obtengamos el que limitará la separación mínima que podamos obtener y medir.

En los últimos tiempos nuevas técnicas se están utilizando y aplicando (speckle imaging, interferometría) para solventar este problema. En este trabajo, el uso de sencillas técnicas de análisis nos permitirá adentrarnos en estos conceptos, y nos mostrará una manera sencilla y fácil de conseguir óptimos resultados constituyendo una herramienta de análisis y apoyo en la medida de separaciones de estrellas dobles en nuestros trabajos.

In this paper we discuss the theoretical foundation inherent to CCD image processing regarding the resolution needed to resolve pairs of double stars, and the limitations given by the instrumental, the optical system and sky conditions. We know that if we have high resolutions, in practice, is the seeing and the FWHM value we obtain the minimum separation that limit we can get.

In recent times, new techniques are being used and applied (speckle imaging, interferometry) to solve this problem. In this paper, the use of simple analysis techniques allow us to delve into these concepts, and we show a simple and easy to achieve optimum results being a tool of analysis and support to the extent of double-star separations in our work.

Introducción

EN OCASIONES, y sobre todo dependiendo de los equipos que utilizamos normalmente, nos podemos encontrar con el problema de no poder resolver pares muy cerrados, o, simplemente, que debido a las condiciones de las imágenes éste sea bastante incierto.

Es muy común que habiendo forzado nuestra configuración “al límite” sólo encontremos que los pares de la estrella a medir se diferencien bien poco en la imagen, o simplemente, si existe un delta de magnitud elevado entre uno y otro componente, los programas encargados de hallar el centroide de la estrella sean simplemente incapaces de ello.

Evidentemente, para este tipo de pares complejos, *REDUC* se muestra como un software muy superior a otras combinaciones, donde tenemos a nuestra mano una serie de herramientas analíticas; pero en este breve artículo me interesa más encontrar y validar una serie de pasos meramente empíricos para encontrar si son válidos, y, de paso, representar un

breve repaso a ciertos conceptos que nos ayudarán a entender cómo funcionan estos programas y cómo funcionan, realmente, nuestras cámaras CCD o DSLR (de las que también se utilizan para medidas). Es pues un artículo dedicado a los usuarios no tan avanzados, o con equipos más modestos o, como es mi caso, aquéllos empeñados en “exprimir” al máximo los equipos de los que disponen. Otros compañeros han realizado análisis de la validez de las medidas mediante métodos en los que es el cerebro, y no una máquina, la que se encarga de hallar las medidas: valga recordar herramientas como *Fv* (NASA/HEARSAC) o *Aladin* (CDS Strasburg) que permiten herramientas para medir, in situ, la separación de la estrella mediante métodos eminentemente gráficos y empíricos. Me interesa más en este artículo, sin embargo, profundizar en los conceptos que nos limitan en estas medidas, para luego pasar a un método empírico donde los haya: elaborar la propia representación gráfica mediante una hoja de cálculo.

Hacia el límite: el teorema de Nyquist

Uno de los teoremas de los que más se habla en



Figura 1. Harry Nyquist (1889–1976). (Wikipedia).

el campo de las estrellas dobles es el Teorema de Nyquist, y la razón es sencilla: trata, en términos cuantitativos, de resolución. Aunque originariamente el teorema no tuviera nada que ver con la Astronomía, es perfectamente válido: Harry Nyquist (figura 1) trabajaba en los Laboratorios Bell en 1928 cuando elaboró la conjetura de que, para la reconstrucción de una señal dada, periódica, continua y analógica (figura 2), es necesario un muestreo superior al doble del ancho de banda. ¿Y qué tiene esto que ver con nuestros sistemas de captación, que no son analógicos, sino evidentemente digitales?

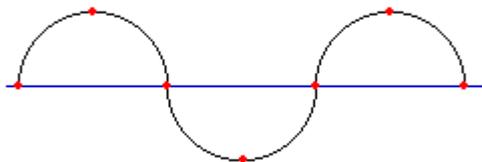


Figura 2. Puntos de muestreo en una señal analógica. ©2000-2012 Starizona. Adventures In Astronomy & Nature. <http://starizona.com/acb/ccd/advtheorynyq.aspx>

Vamos a ver a continuación que, aunque pudiera parecer lo contrario, sí estamos analizando una señal analógica: la luz que nos llega de las estrellas. La luz de la estrella objeto de medición es una señal analógica, y nuestros detectores CCD la captan a través de los píxeles (el muestreo) para reconstruirla

luego en una señal que visualizamos y medimos en nuestras pantallas de PC (la reconstrucción de la señal). Según el teorema de Nyquist, necesitaremos un muestreo (tamaño de píxeles) al menos el doble de la señal analógica (la estrella).

¿Esto cómo se traduce en nuestro campo de medidas de estrellas dobles? Básicamente, la resolución mínima que vayamos a intentar obtener y medir, deberá caer en el campo del doble del tamaño (resolución) obtenida por nuestra configuración óptica. Pongamos un ejemplo, la de mi actual equipo.

Utilizo una Atik 314L con chip Sony ICX285AL de píxeles cuadrados de tamaño 6,45 micras, en una configuración óptica de F/7,16 (1461,4 mm) con una resolución teórica de 0,91"/píxel a Bin 1x1. Aplicando el teorema de Nyquist, la separación máxima reproducible sería el doble de este valor, es decir, 1,82"/píxel. Pero, y todos lo sabemos, raramente vamos a tener esta resolución al alcance en nuestros cielos (Típicamente dependerá del cielo de cada cual. Curiosamente, los cielos suburbanos, a pesar de la contaminación lumínica, son por el contrario, en líneas generales, más estables en cuanto a seeing. Será raro alcanzar un seeing de menos de 2", y lo normal estará en torno a 3-4"). De ahí que hayan surgido técnicas que intenten acercarse realmente a este límite, como las técnicas de interferometría fotométrica y lucky imaging (speckle). No son más que intentos de obviar el hecho de que observamos desde el fondo de una "piscina" en la que la columna de aire, térmicamente activa, varía las condiciones de observación.

Esta base teórica, que es conocida por todos, obvia un hecho: Nyquist teorizaba sobre una señal en 2 dimensiones, pero nuestras imágenes son en 3 dimensiones, y tienen una distribución más parecida a una campana de Gauss de distribución estadística. Este importante dato nos ayudará más adelante en nuestro estudio.

El tamaño de píxel importa

La ventaja de contar con píxeles pequeños (resolución pequeña) es que el muestreo de la estrella es mayor. La luz de la estrella es circular (la señal analógica), pero los píxeles (al menos por el momento...) son cuadrados, y algunos rectangulares. Si el píxel (el muestreo) es demasiado grande, exagerando, la estrella será "cuadrada" (figura 3).

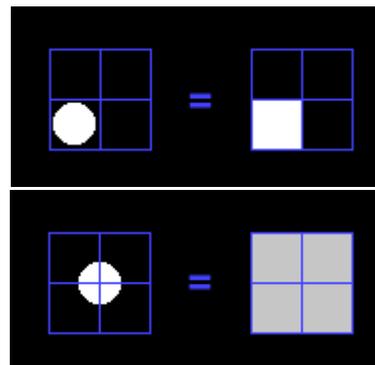


Figura 3. Los píxeles en este caso son demasiado grandes, y la luz de la estrella, o bien cae en uno sólo, o bien se distribuye entre pocos, con lo cual, la imagen de la estrella es cuadrada. Estamos ante un caso de baja resolución. (Salvo indicación expresa, todas las imágenes y figuras son cortesía del autor).

Pero si los píxeles son pequeños, la estrella será “muestreada” con una forma más cercana a la real (figura 4).

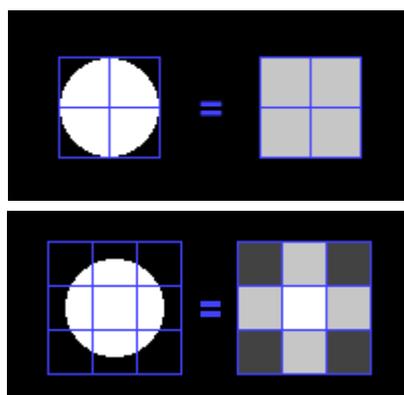


Figura 4. En este caso, la estrella pequeña es muestreada por cuatro píxeles, y la estrella grande es muestreada sobre mayor cantidad de píxeles, acercando la forma a la original. Estamos ante un sistema de mayor resolución.

Esto es bastante importante. Normalmente vamos a trabajar con estrellas muy poco separadas, y, además, tenues o con diferencias de magnitud elevadas. Un mayor muestreo (o, dicho llanamente, que la luz de la estrella se extienda por más píxeles para su muestreo) marcará la diferencia para una buena medida de astrometría (o fotométrica, si es el caso). Por ello se tiende a recomendar un valor de muestreo no x2 sino x3, que quizás sea más correcto (figura 5).

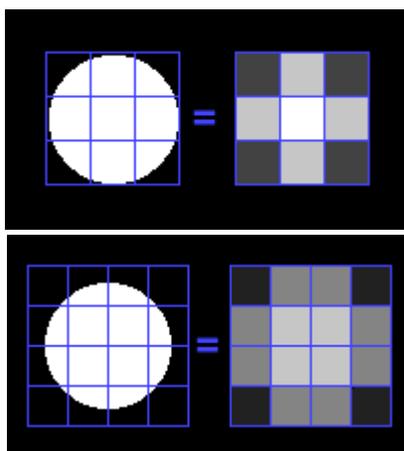


Figura 5. Una misma estrella, “muestreada” por un mayor número de píxeles dará un valor más aproximado al real (en términos del Teorema de Nyquist, tendremos más puntos de muestreo de la señal original para reconstruirla).

Es decir, si vamos a medir un valor Theta de 2” de arco, lo ideal es tener una resolución de 2/3”, es decir, 0,66”. Esto nos ayudará a que la señal sea “muestreada” lo mejor posible, y la luz distribuida por mayor superficie. Veremos más adelante, lo importante de este punto.

Como hemos dicho, el muestreo (la reconstrucción) de la señal no es en 2D, sino que incluye una tercera dimensión, la intensidad. El conjunto de píxeles estará recogiendo fotones de la señal original y a esta cantidad de fotones se le asignará una señal dada, que traducida en nuestros monitores, serán niveles o ADUs. Típicamente, si nuestra CCD es de 16 bits, esto nos dará 65536 niveles como máximo, y lo lógico es que la distribución de esta intensidad adopte la forma de una campana (distribución gaussiana) con el pico máximo indicando el “centro” de la estrella, y disminuyendo la intensidad de manera proporcional hasta los “bordes” de la

estrella (figura 6).

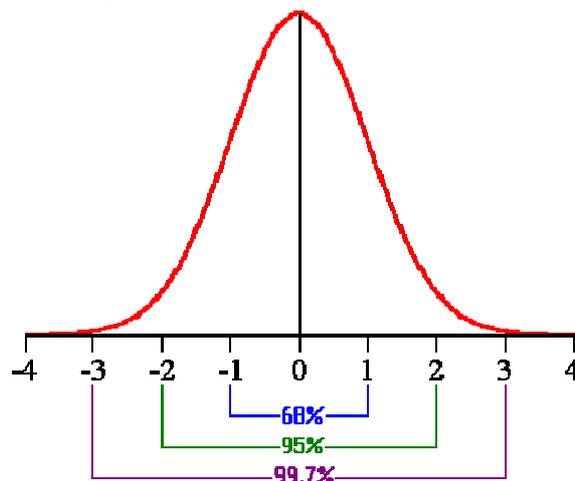


Figura 6. Distribución Gaussiana de una señal dada perfectamente muestreada.

Así que ahora incluiremos un nuevo concepto: el *centroide*.

Calculando el centroide esquivo

No es materia de este artículo describir los algoritmos para el cálculo del centroide que existen. Prácticamente todos los programas de tratamiento de imágenes incluyen algoritmos para su detección y medida. Yo utilizo de manera habitual *MaximDL*, y por supuesto, tiene la herramienta para medir fotométricamente la señal y posicionar el centroide teórico. Luego veremos que esto variará de manera significativa dependiendo del anillo de apertura fotométrica que utilicemos, y del FWHM elegido. Pero ahora no es el caso.

El centroide no es más que un determinado punto de la imagen procesada en la que el valor de la intensidad en las coordenadas (x,y) es máximo en el conjunto de datos escogido (figura 7). Cuando descomponemos una imagen CCD en coordenadas (x,y) e intensidad, obtenemos un “mapa” de la imagen con tres dimensiones: las coordenadas (x), las coordenadas (y) y en el eje z la intensidad de cada píxel codificado en cada coordenada. El centroide será el punto teórico con coordenadas x e y en el que el eje z sea máximo.

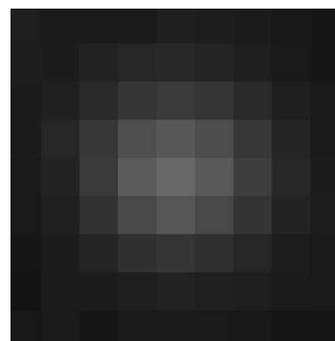


Figura 7. Imagen de una estrella captada por un CCD en la matriz de píxeles. Aquí el centroide es evidente. No siempre lo será de manera tan incuestionable.

Esto es de suma importancia (y de hecho es lo que tratan de medir los programas de medida) porque intentamos localizar el centro de cada estrella, y posteriormente, por simple fórmula de geometría, hallar la distancia entre esos dos puntos (dos centroides) de cada estrella.

Algo que en apariencia es fácil, en la práctica, es difícil. ¿Por qué? El Teorema de Nyquist tiene la culpa.

Problemas en el cálculo del centroide

Efectivamente: cuando tenemos una imagen CCD, cuyos píxeles son grandes, veremos que la señal de la estrella se ha distribuido en muy pocos píxeles, está poco muestreada, y el cálculo del centroide, aunque en apariencia es más fácil, es menos preciso. Una imagen estelar bien muestreada, con muchos píxeles y buena señal, nos dará más información y un cálculo del centroide más preciso. Por ello es fundamental:

- Obtener buena intensidad en los píxeles (dependerá del tiempo de exposición y apertura del sistema óptico).

- Obtener buen muestreo de la señal (esto es, resolución pequeña para separaciones pequeñas, pero que estará limitada por el seeing en ese momento).

Cuando no podemos conjugar las dos variables, se hace importante un análisis más exhaustivo de la señal que tenemos.

Cálculo empírico: comparación entre software y hoja de cálculo. Otros métodos.

Este estudio surgió tras un intercambio de ideas mediante correo electrónico con nuestro compañero Juan-Luis González Carballo. En una serie de correos privados en los que hacía algunas pruebas, me sugirió que hiciera una comparativa entre estrellas de “control” por el método que yo habitualmente utilizo, y casi la práctica totalidad de nosotros (*Astrometrica + Dobles*, y en pares muy cerrados *REDUC*) y el método empírico que seguidamente veremos. Sólo es necesario un programa que nos dé las coordenadas en un sistema cartesiano e intensidad de cada píxel de la zona de la imagen seleccionada donde se alojan nuestro par objeto de estudio, y una hoja de cálculo (*EXCEL; OPENCALC*). El método es muy gráfico, y aunque algo tedioso, veremos que es perfectamente válido, si no para dar valores definitivos, sí para ayudarnos a estudiar ciertos pares algo confusos o inciertos en las medidas.

Para empezar, una vez abierta la imagen, seleccionamos la opción *GRAPH WINDOW* de *MaximDL* en el menú *VIEW* y con el ratón marcamos el área a medir. Este comando nos permite visualizar un gráfico en 3D, o uno en 2D (menos fiable) pero, lo

más importante, exportar los datos del gráfico en un archivo *.csv* donde se contienen en tres columnas las coordenadas (*x, y*) y la intensidad. Abrimos nuestra hoja de cálculo e importamos los datos, para luego, construir una matriz con el eje *X* en horizontal, el *Y* en vertical, y las intensidades ocupando sus debidas coordenadas. *EXCEL* tiene una opción de resalte de datos que asignará determinados colores por intensidad, y elaboramos un gráfico en 3D para visualizar perfectamente la señal recogida (*Inicio>Formato Condicional>Escala de color*).

Obtendremos una imagen como la mostrada en la figura 8.

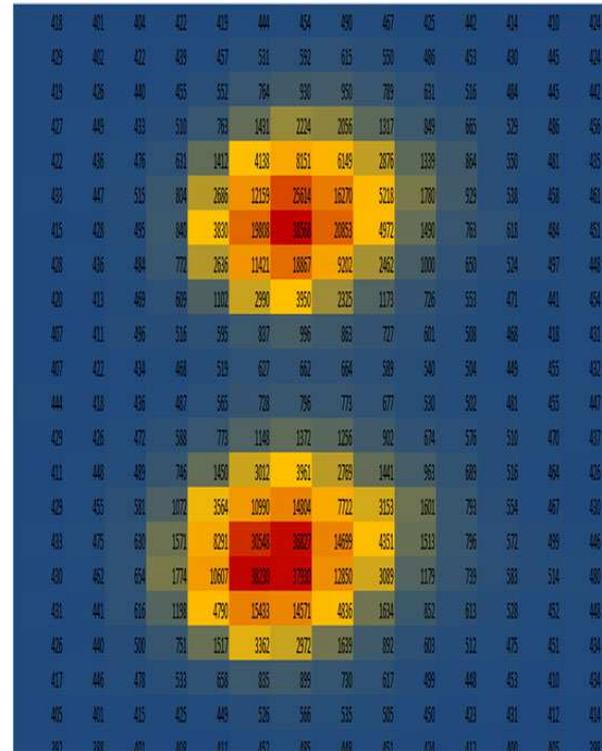


Figura 8. Imagen de STF 38.

Algo que podemos ver a primera vista es que estamos ante una doble con una separación que cumple el criterio de Nyquist: la estrella “se percibe” en la señal. Es decir, está bien muestreada, pese a estar tomada a bin 2x2 y una resolución de 1,73”/píxel. Esto significa que, en principio, y aplicando el anterior criterio expuesto de $3 \times \text{resolución}$, podremos discernir sin muchos problemas separaciones de hasta 5,20”. Cada cuadrado es un píxel, cada valor la intensidad leída, y al hacerlo con escala de color (ajustable por el usuario) nos permite ya localizar los posibles centroides. Las zonas azules corresponden a píxeles de fondo de cielo, y por lo tanto, podemos perfectamente descartarlos en la medida.

Sin embargo, no es tan sencillo. Para tenerlo claro, lo ideal es combinar esta información con un gráfico en 3D que nos dé la forma gaussiana del muestreo de la señal (ver figura 9, página siguiente).

Como podemos ver, la imagen habla por sí sola. Ahora sí podemos percibir perfectamente la

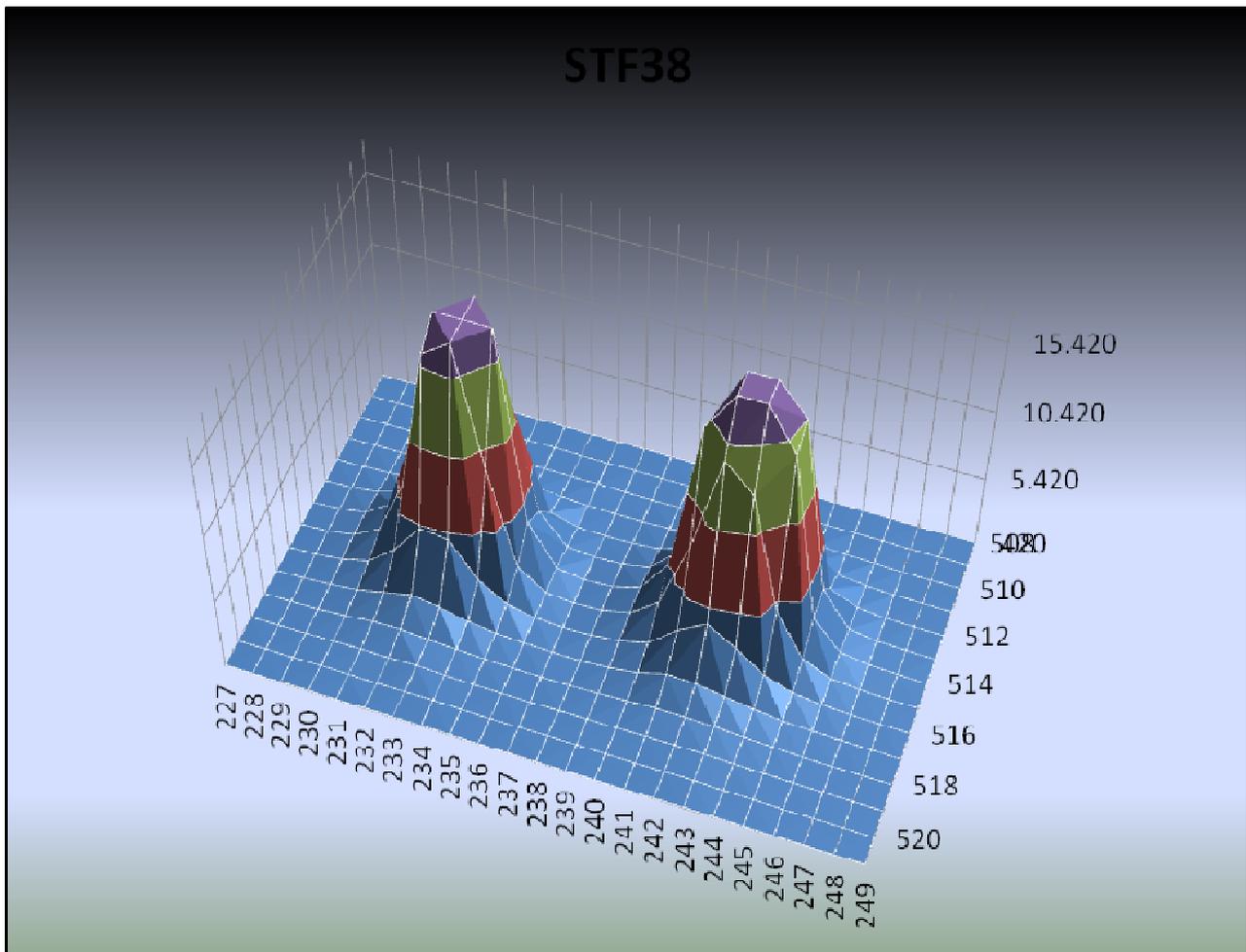


Figura 9. Imagen en 3D de STF 38.

separación entre ambas componentes, ya que hemos establecido en el eje z un valor mínimo por encima del nivel de ruido de fondo de la imagen. En los datos mostrados en 2D de la anterior imagen, había todavía algunos píxeles que sobresalían poco sobre el ruido de fondo, enmascarando parte de la señal.

Tenemos perfectamente delimitadas ambas estrellas, cuyas señales “emergen” de la señal de fondo. Ahora viene el verdadero quid de la cuestión, que no es más que resolver la separación de ambas componentes.

Qué método utilizar

En un estupendo estudio, *Determination of Centroid of CCD Star Images*, se discute sobre qué método es el idóneo para analizar, a partir de las imágenes CCD obtenidas, los datos de posición de los objetos (estelares o no) de estudio. Y, sin duda alguna, para saber cuál es la separación entre dos estrellas, tenemos primero que conocer qué posiciones ocupan en la matriz de coordenadas (X,Y) . Hay dos métodos en resumen: el que analiza el *PSF* de la imagen (*PSF fitting*) y el que calcula el baricentro (peso) de los datos objeto (*moment analysis*). El primero lo dejaremos para un posterior artículo, porque podremos ver que con el procesado de la imagen con algoritmos

a nuestra disposición, podremos captar información por debajo del umbral de muestreo original. Nos centraremos en el segundo método, más simple y sencillo.

Básicamente, el centroide de la imagen estelar, contenida en una serie de píxeles, se obtendrá por la siguiente fórmula en cada una de las coordenadas x e y :

$$B_{10} = \frac{\sum \sum x B(x, y)}{B_{00}}$$

$$B_{01} = \frac{\sum \sum y B(x, y)}{B_{00}}$$

Es decir, el sumatorio de todos los productos de la intensidad por las coordenadas de cada píxel dividido por la suma total de las intensidades, tanto en la coordenada x como en la coordenada y , de forma separada.

Esta fórmula nos dará precisión sub-píxel que es lo que necesitamos. En todo momento lo que andamos buscando son las coordenadas precisas (lo más precisas posibles) del punto de mayor intensidad de la imagen, el “pico” de nuestra montaña gaussiana, que nos indicará el centro de cada estrella sobre el que podremos medir las distancia entre ambas. Ya que, como hemos visto, la estrella (señal analógica) es

muestreada y reconvertida por nuestros sensores (y por lo tanto, el centro de la estrella no caerá exactamente en un determinado píxel) deberemos calcular cuál es la posición sub-píxel que contiene el mayor peso de intensidad.

Aquí se plantea un problema: qué píxeles escoger. En realidad, es el problema que se plantea al elegir la abertura del anillo de medida fotométrico, y enlaza con el método *PSF fitting*. Baste decir que, de manera empírica, la mejor manera de hacerlo es elegir un número de píxeles equidistantes un valor similar al FWHM de la imagen, dato que nos lo dará perfectamente *MaximDL* o cualquier programa. Por ejemplo, si el FWHM de la imagen es 4", y nuestra resolución es, como en la anterior imagen, 1,73", deberemos elegir un área de al menos 4"x 4"=16" 16/1,73=9,2 píxeles, es decir, una matriz de 3x3 píxeles (que cumple el criterio de Nyquist expuesto anteriormente, de manera bastante aproximada). Si observamos que esta matriz no engloba suficientes píxeles, se sube una unidad, es decir, 4x4, y así sucesivamente. En cualquier caso deberemos comprobar que los píxeles de mayor señal queden dentro del área de medida (una buena opción es asignar color en la propia matriz a partir de determinado rango, que dependerá de la intensidad conseguida en la estrella) y evitamos los píxeles con señal de fondo. Es importante que el área a medir sea cuadrada, una matriz de x píxeles de alto por x píxeles de ancho. Los algoritmos de búsqueda de centroide trabajan de esta forma.

Una vez tengamos los datos de ambas estrellas, aplicaremos una sencilla fórmula, la fórmula de los catetos, eso sí, multiplicada por un factor que no es más que la resolución por píxel de nuestra imagen. Es muy importante tener este dato lo más aproximado posible: diferencias de décimas influirán en los datos de Rho que obtengamos.

Para ver la validez de este método, fue probado en cuatro dobles de calibración. En concreto, las listadas en la tabla 1. Primero fueron medidas con *Astrometrica + Dobles*, mediante *Aladin* y la herramienta *Dist*, y luego, por el método empírico descrito.

Se realizaron tres medidas de cada, para obtener una pequeña muestra y ver las desviaciones. Curiosamente, en STF297AB existen grandes

discrepancias entre las tres mediciones con la calibración, lo cual puede querer decir que hay un error en la medida de calibración de esta doble.

De los datos pueden extraerse conclusiones. Podemos ver que la diferencia O-C en el caso de nuestro método empírico con respecto al valor de referencia (calibración) es menor que la medida que nos da *Astrometrica + Dobles*. También la medida gráfica mediante *Aladin + Dist* muestra una O-C menor. ¿Por qué? Muy posiblemente, el algoritmo de cálculo del centroide en los programas de análisis astronómico presentan más errores que otra herramienta más potente y flexible: nuestro cerebro. Estos algoritmos pueden verse influenciados por la presencia de píxeles calientes u otras pequeñas discrepancias que harán que la medida sea ligeramente discrepante.

Pero hay otra conclusión, más importante. Si os habéis dado cuenta, hay un factor que influirá en la precisión de la medida: efectivamente, la resolución del sistema. Si, en vez de un bin 2x2 con una resolución de 1,74" en estas dobles, hubiéramos utilizado una resolución más alta, bin 1x1 a 0,87", el muestreo de la señal hubiera sido mayor, hubiera estado distribuida por mayor número de píxeles, y por lo tanto mejoraríamos el cálculo (en terminología del teorema de Nyquist, tendríamos muestreadas más puntos de la señal analógica, y su reconstrucción sería más fidedigna). ¿Es esto así?

Afrontamos la medición de una imagen de BTR276 (figura 10) cedida amablemente por Juan-Luis González Carballo donde esta vez hemos trabajado a una resolución de 0,70"/píxel. Podemos ver, ya de entrada, que el número de recuadros (píxeles) es sensiblemente superior. Esto es lógico. El binning 2x2 crea una matriz en el sensor que agrupa 2x2 píxeles como si fuera uno solo. Aquí, cada píxel en la configuración 1x1 es analizado individualmente.

Y, efectivamente, vemos que el cálculo es mucho más afinado. En los resultados podemos ver que el O-C es de 0,00567, mientras que la medida de *Astrometrica* es de 0,03. Con *Aladin* la medida es más discrepante, debido a que la escala de placa es de 1,1" y la binaria aparece apenas resuelta, aumentando la incertidumbre de la medición. La precisión conseguida es sencillamente enorme; no obstante, queda realizar un estudio más detallado con mayor número de estrellas de control para sacar mejores y más sólidas conclusiones.

| RESOLUCION 1,74"/PIXEL | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------|------|-----------------|---------|-------------|-------|-------------|--|
| NOMBRE | ASTROMETRICA+DOBLES | O-C | METODO EMPIRICO | O-C | ALADIN+DIST | O-C | CALIBRACION | |
| STF222 | 16,52 | 0,08 | 16,6709 | 0,07 | 16,93 | 0,33 | 16,6 | |
| SFT38 | 16,9 | 0,20 | 17,053 | 0,05 | 17,06 | 0,04 | 17,1 | |
| STF297AB | 15,79 | 0,11 | 15,68 | 0,22 | 15,66 | 0,24 | 15,9 | |
| STF292 | 22,97 | 0,13 | 23,04 | 0,06 | 23 | 0,1 | 23,1 | |
| RESOLUCION 0,69"/PIXEL | | | | | | | | |
| NOMBRE | ASTROMETRICA+DOBLES | O-C | METODO EMPIRICO | O-C | ALADIN+DIST | O-C | CALIBRACION | |
| BRT 276 | 3,671 | 0,03 | 3,70567 | 0,00567 | 3,608 | 0,092 | 3,7 | |

Tabla 1

Estrellas dobles estudiadas

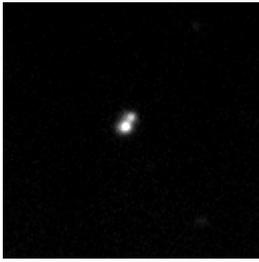


Figura 10. BTR276. Imagen cedida amablemente por Juan-Luis González Carballo. 0,70"/píxel.

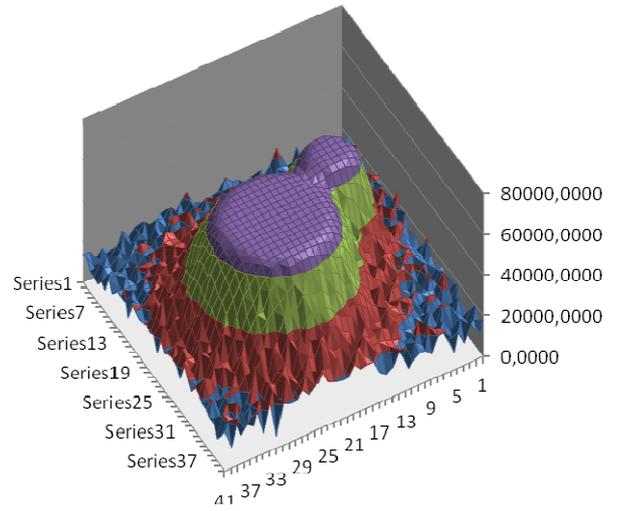
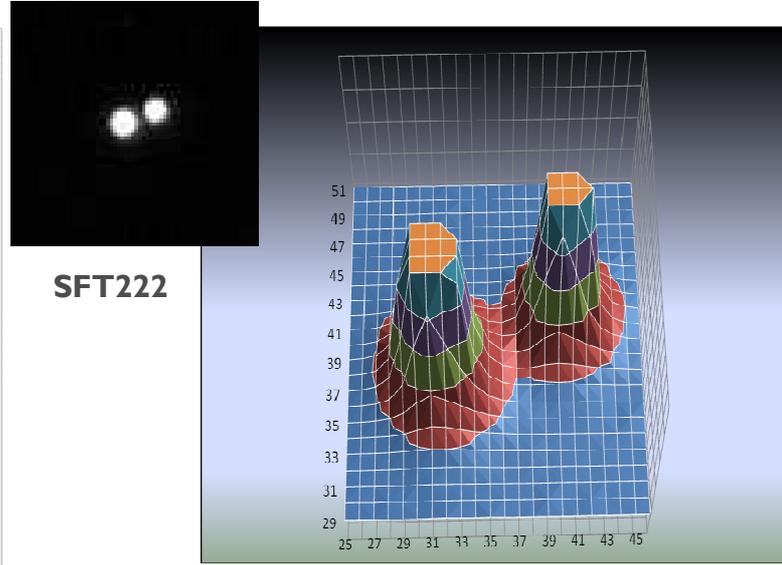
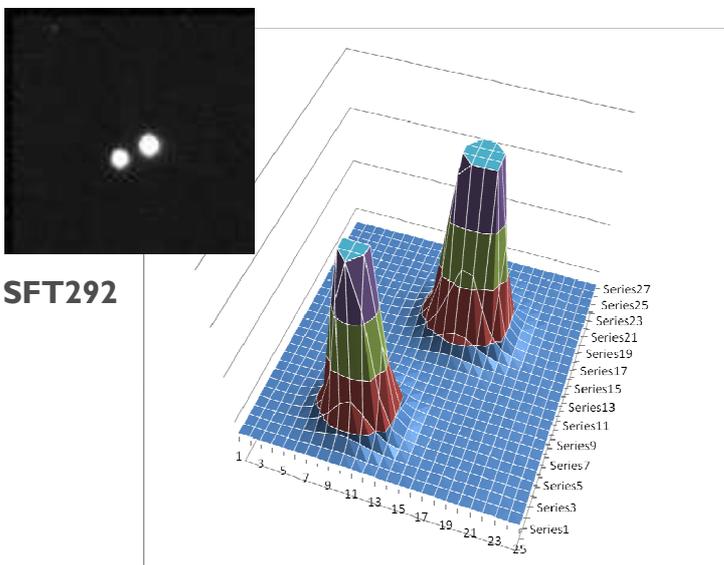
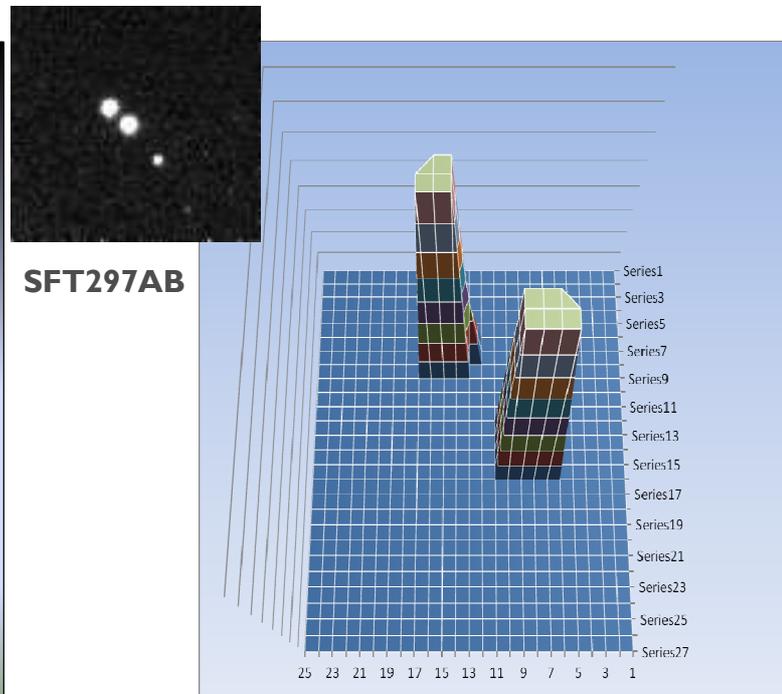
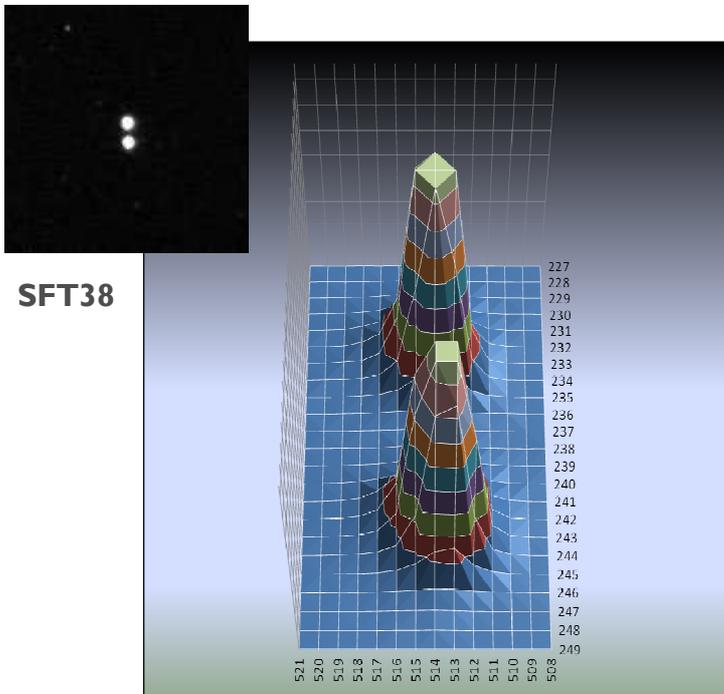


Figura 11. BTR276 en representación tridimensional.



Agradecimientos

Sin el impulso y la idea a propuesta de Juan-Luis González Carballo este artículo no hubiera sido posible. Quisiera agradecerle, como siempre, su infinita paciencia ante todas las dudas que siempre le planteo, y mi agradecimiento por la imagen de la doble BRT 276 fundamental para calibrar el método a altas resoluciones.

También quisiera expresar mi agradecimiento a Alejandro Garro, del Observatorio Kappa Crucis, nuestro colega y amigo al otro lado del Atlántico, que amablemente y siempre con su entera disposición, respondió a mis dudas sobre el manejo de tablas matriciales en el programa Microsoft Excel®. 

Referencias

- Fosu, C., Hein, G. W., Eissfeller, B., 2004, *Determination of centroid of ccd star images*, XXth ISPRS Congress, Technical Commission III, Estambul, Turquía, Actas del Congreso (Proceedings) pag. 312-620 -- <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm3/comm3.aspx>
- Novalbos, I., 2010, *Image Reduction Methods and their influence on the Theta/Rho measures*, II International Meeting of Double Star Observers (Pro-Am), Sabadell, Barcelona, España <http://www.oagarraf.net/Comunicacions/OAG%20CPM/Full%20papers%20II%20Meeting%202010.html>
- Raab, H., 2002, *Detecting and measuring faint point sources with a CCD*, Meeting on Asteroids and Comets in Europe (MACE 2002), Visnjan, Croacia. <http://www.astrometrica.at/Papers/PointSources.pdf>



por qué observo estrellas dobles



A través de esta sección conocidos amateurs intentarán responder en cada número a esa pregunta que de vez en cuando nos hacen otros aficionados que no conocen bien este mundo...

En la tercera entrega hacemos justicia a uno de los grupos de doblistas más entusiastas del panorama actual, nuestros hermanos argentinos. Y nos ha parecido que su mejor representante, por calidad humana y dedicación, es sin duda alguna...

Roberto Vasconi

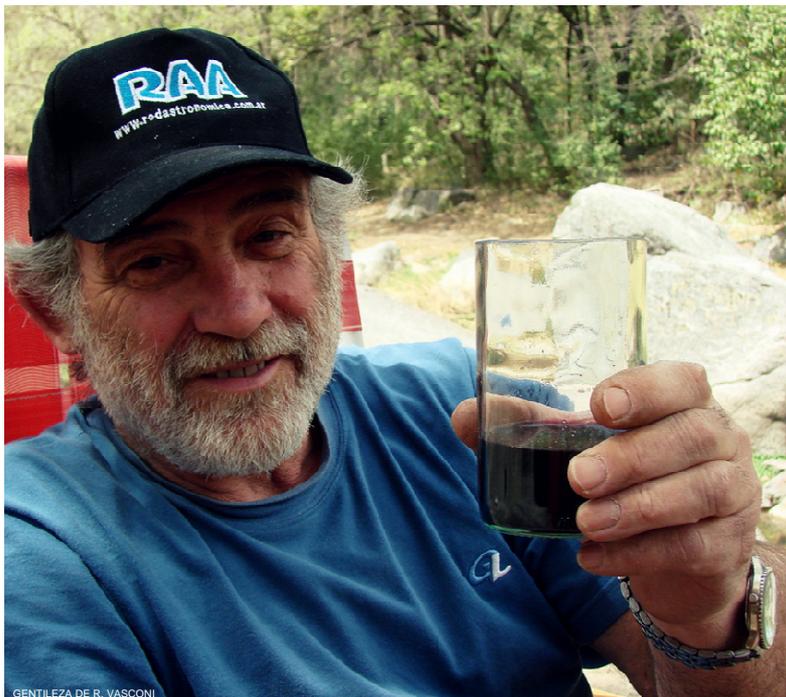
HACE POCO TIEMPO HE TENIDO UNA REUNIÓN, fuera del ámbito de la Astronomía, en que alguien manifestó no comprender para qué mirar tanto las estrellas si, al fin y al cabo, son unos puntos de luz lejanos, inalcanzables, cuando hay aquí, en la Tierra, tantas cosas sin conocer ni comprender. Un planteo filosófico que salvo respuesta aceptable para mí y para ellos, pretendía poner en juego el sentido de una pasión.

Por suerte, el mismo cuestionamiento me proporcionó una respuesta y dije que, justamente, la contemplación del cielo con sus indescriptibles dimensiones y variedad de objetos es de por sí bello, pero si pensamos que pertenecemos, con todas las letras a esa inmensidad, nuestro tamaño e importancia se ponen en su justo lugar, desde donde es más fácil valorar lo que nos rodea, comprender ciertos hechos y fenómenos locales, dimensionar la pobreza intelectual que nos desorienta y aceptar finalmente que no somos nosotros y

el Universo, sino que formamos parte de él. Somos Universo. Y a través de lo muy grande se explican muchas cosas cercanas, particularmente por la necesaria adaptación del pensamiento, más humilde ahora, más ávido también.

Esto es más general que la pregunta específica del título, pero creí necesaria la anécdota porque de alguna manera nos explica a nosotros mismos la inclinación al conocimiento por el camino de la Astronomía de aficionados.

Y así, un buen día nos hacemos o compramos un telescopio, después unos libros, comprobamos que es posible y ya está, la inoculación fue realizada con todo éxito. Estamos aficionados. Apasionados. Casi sin saber por qué. Luego, unos años de contemplación de maravillas, averiguación de datos y posiciones, agrupación con otros aficionados, muchas singladuras y porfías, algunas charlas en escuelas difundiendo y tratando de



GENTILEZA DE R. VASCONI



Roberto en su Observatorio Ío manteniendo una charla virtual.

conseguir adeptos, airosos comenzamos a buscar más horizonte.

Mi búsqueda encontró a José Luis Comellas. Y una frase determinante en su alusión a la observación de dobles: “...*En cuanto vayamos descubriendo la belleza cromática de las componentes, es difícil que no nos gane la afición*”...

Pues, ¡a observar esos colores! Tenía razón el maestro, aquí estoy, tratando de explicar mi inclinación irremediable.

El camino a las dobles estaba iniciado y caminándolo un poco inseguro, a veces con muletas, fui encontrando amigos. Amigos que sabían de dobles. Primero Edgar Masa Martín, que con su generosidad y conocimientos extraordinariamente explicados fue motivando y enseñando hasta que nuestra relación se fue convirtiendo en amistad. ¿Tienen que ver las dobles con la amistad? Definitivamente sí. Es de por sí una buena razón, ¿no creen? Y vaya que cundió.

Por si fuera poco, apareció luego Florent Losse con su gran entusiasmo y su genial REDUC, generoso, facilitando las cosas.

Mientras, aquí en Argentina se estaba formando un grupo de doblistas, y surgió la idea de una video conferencia con estos amigos. Se realizó y duró ¡seis horas! La audiencia estaba compuesta por más de diez incipientes doblistas. Resultado: todos fuimos debidamente inoculados, esta vez por vía endovenosa. Ya había aparecido “El Observador de Estrellas Dobles” de la mano también de otros dos grandes, Rafael Benavides Palencia y Juan-Luis González

Carballo junto a Edgar, publicación esencial, necesaria para hispanoparlantes. Loable y brillante esfuerzo.

Nuestro grupo, que luego se llamó GEDRAA (Grupo de Estrellas Dobles de RAA –Red de Aficionados a la Astronomía-) recibió la presencia de Carlos Krawczenko y Carlos Lasgoity, doblistas avezados argentinos que aportaron, y aportan nuevos conocimientos y entusiasmo.

Surgió entonces la necesidad de un observatorio para practicar con más comodidad y eficiencia, su construcción fue febril, carrera contra el tiempo y la primera campaña de SEDA que se venía encima. Mi querido lugar, el *Observatorio Ío*.

Comellas, amigos, grupo, observatorio, equipo, colaboración generosa... empujaban por si solos y ya se justificaba profundizar los conocimientos. En eso estoy, nunca se termina, ¡por suerte!

Destaco el valor del ejercicio de la paciencia, la perseverancia, fracasos y éxitos que contribuyen a la gratificación de un trabajo concluido. No es fácil, pero la alegría es producto de cada una de estas cosas en su justa proporción. Y las dobles me lo dan.

La rigurosidad de Francisco Rica Romero, su planilla de astrofísica, el empuje de mi amigo Alejandro Garro y otros muchos terminaron por ponerme en la órbita de las dobles definitivamente.

Podría ahora, con estos elementos, tratar de dar respuesta a por qué las dobles. Por la senda de la razón pura es casi imposible, como explicar por qué gusta un color. Pero creo que la sensibilidad de los lectores me ayudará en la respuesta, y tal vez ya se pueda inferir. Encontré en esta especialidad lo que cualquier ser humano necesita para excelentes y genuinos buenos momentos.

Sólo resta mi profundo agradecimiento a todos mis amigos doblistas y a quienes me rodean, que debieron entender lo casi imposible. Y me apoyan.

¡Por las dobles!...



EL BLOG DE ROBERTO

<http://observatorioio.blogspot.com>



Comas Solá, observador de estrellas dobles

por Josep M. Oliver
de la Agrupación Astronómica de Sabadell



Históricamente la astronomía española ha sido muy pobre pese a tener cielos mucho más propicios que países en los que surgieron grandes astrónomos. Hágase, si no, una reflexión sobre los hombres que destacaron en los siglos XVII al XX y se verá que nosotros sólo podemos escribir un nombre: el del barcelonés José Comas Solá. ¿Su palmarés? Haber descubierto dos cometas, once asteroides, la atmósfera de Titán, diversas estrellas variables, tres dobles... y haber sido un excelente divulgador, amén de muchas cosas más.



SI TUVIÉRAMOS QUE DEFINIR A COMAS con palabras clave podríamos usar éstas: astrónomo, físico, matemático, profesional, vocacional, amateur, académico, divulgador, escritor, conferenciante, galardonado, polifacético, políglota, tecnócrata, ingenioso, músico, dibujante, polémico, sencillo, altivo, temperamental, controvertido... Una buena mezcla para un astrónomo amante de la divulgación, iniciador de la fotografía astronómica en España, promotor de cualquier iniciativa que significara un avance tecnológico (realizó los primeros mapas sismológicos, fue uno de los primeros barceloneses en tener automóvil, fue presidente de la sociedad promotora de la aviación, con el primer vuelo en 1910, uno de los promotores de la primera emisora de radio en 1924...). Fue el responsable de la construcción del Observatorio Fabra, con el mayor telescopio de España en aquella época, y fue su primer director hasta su fallecimiento en 1937.

Durante toda su vida, Comas fue un apasionado del telescopio. Comenzó de muy joven (a los 18 años tenía

un refractor Bardou de 108 milímetros de abertura) y cuando tuvo en sus manos telescopios fotográficos, alternaba la fotografía y las técnicas de astrometría con las observaciones visuales, sobre todo de planetaria, una especialidad bien difícil para la que se precisaba mucha experiencia. Los telescopios con que trabajó fueron todos excelentes refractores (lo más habitual entonces); aparte del Bardou lo hizo con telescopios de 220, 152 y 380 milímetros, éste último el del Observatorio Fabra. El de 152 milímetros era el de su observatorio particular.

Si en su vida Comas era un polifacético, en el telescopio también. Diríase que tocó todas las especialidades. Aunque buena parte de su vida la dedicó a la astrometría de asteroides y cometas, no dejaba las observaciones solares, ni la planetaria cuando se presentaban las oposiciones de Marte, Júpiter y Saturno. Pero fue en los primeros años cuando más se dedicó a las estrellas variables y a las dobles.

Comas se licenció en 1894 en la Universidad de Barcelona en ciencias físico-matemáticas y al cabo de poco comenzó a escribir regularmente artículos en el periódico "La Vanguardia" (que no dejaría hasta su fallecimiento), lo que le generó popularidad y propició su primer empleo como astrónomo.

En 1896, Rafael Patxot, un industrial del corcho de Sant Feliu de Guíxols (Gerona), destacado miembro de la burguesía catalana y prohombre de la cultura, interesado por la astronomía pero, sobre todo, por la meteorología, hizo construir en su casa de Sant Feliu un observatorio equipado con excelentes instrumentos entre los que había un refractor Mailhat doble

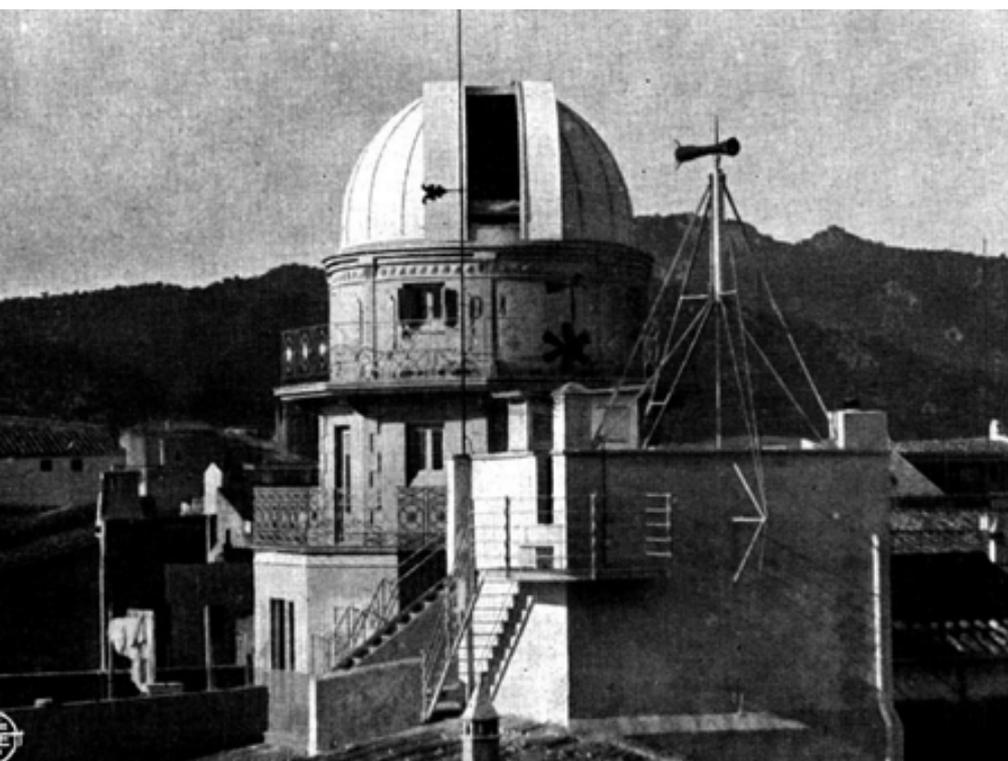


Figura 1. El "Observatori Català" de Rafael Patxot en Sant Feliu de Guíxols (Gerona), en 1897.



(visual y fotográfico) de 220 milímetros, equipado con toda clase de accesorios (figura 1 –página anterior- y 2). Aunque comenzó haciendo algunas observaciones, pronto se dio cuenta de que era demasiado observatorio para él solo y propuso a Comas ir a trabajar a Sant Feliu.

En 1897 Comas comenzó sus actividades en el Observatori Català (así es como Patxot denominó a sus instalaciones) y lo hizo con muy buen pie. Disponiendo de tan magnífico telescopio provisto de un tubo óptico fotográfico, Comas obtuvo las primeras de las centenas (¿o miles?) de fotografías que realizó en su vida, y lo hizo de un modo que le caracterizó siempre: analizándolas minuciosamente, punto por punto. De esta manera, a la que tuvo tres placas obtenidas en diferentes noches de la región central de Orión advirtió que una estrella había cambiado de luminosidad; acababa de hacer su primer descubrimiento que muy pronto fue oficializado como la estrella T Orionis, oscilante entre las magnitudes 9 y 10,8.

En Sant Feliu de Guíxols, Comas supo aprovechar la potencia del instrumental y realizó observaciones de todos los tipos, aunque se quejaba de la deficiente calidad del cielo, sobre todo en observaciones planetarias. De hecho el observatorio se hallaba junto a la playa, en lo que hoy es el Paseo del Mar, un lugar nada propicio porque, además, la localidad se halla rodeada por unas colinas que contribuyen a generar turbulencia.

Comas inició un trabajo de considerable envergadura que le ocupó un par de años, aunque no de manera constante. Se trata de series de observaciones de estrellas dobles a fin de determinar los movimientos orbitales tanto con observaciones propias como en base a observaciones anteriores de otros autores. Los resultados los publicó en “*Astronomische Nachrichten*” (Kiel, Alemania), la publicación “oficial” de entonces. En 1902 fueron objeto de dos monografías en las “*Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*” bajo los títulos de “*Medidas micrométricas de 156 estrellas múltiples*” y “*Medidas micrométricas de 69 estrellas múltiples*” (vol. 4, núm. 5 y núm. 23, respectivamente, 1902). Hay que señalar

que Comas fue nombrado académico en 1901 (figuras 3 y 4, páginas siguientes).

Con estos trabajos fue la primera vez que se estudiaban en España los sistemas estelares dobles o múltiples, tema que muchos años después contaría con buenos especialistas, como el gallego Ramón María Aller, que creó escuela en Santiago de Compostela, y el navarrés-sevillano José Luis Comellas.

La primera publicación de Comas compilaba 729 determinaciones de los ángulos de posición y 567 de separaciones angulares obtenidas en diversas series entre 1887 y 1899. Para estas observaciones, excepto en la última serie de 1899, Comas utilizó el telescopio de Sant Feliu de Guíxols provisto de un excelente

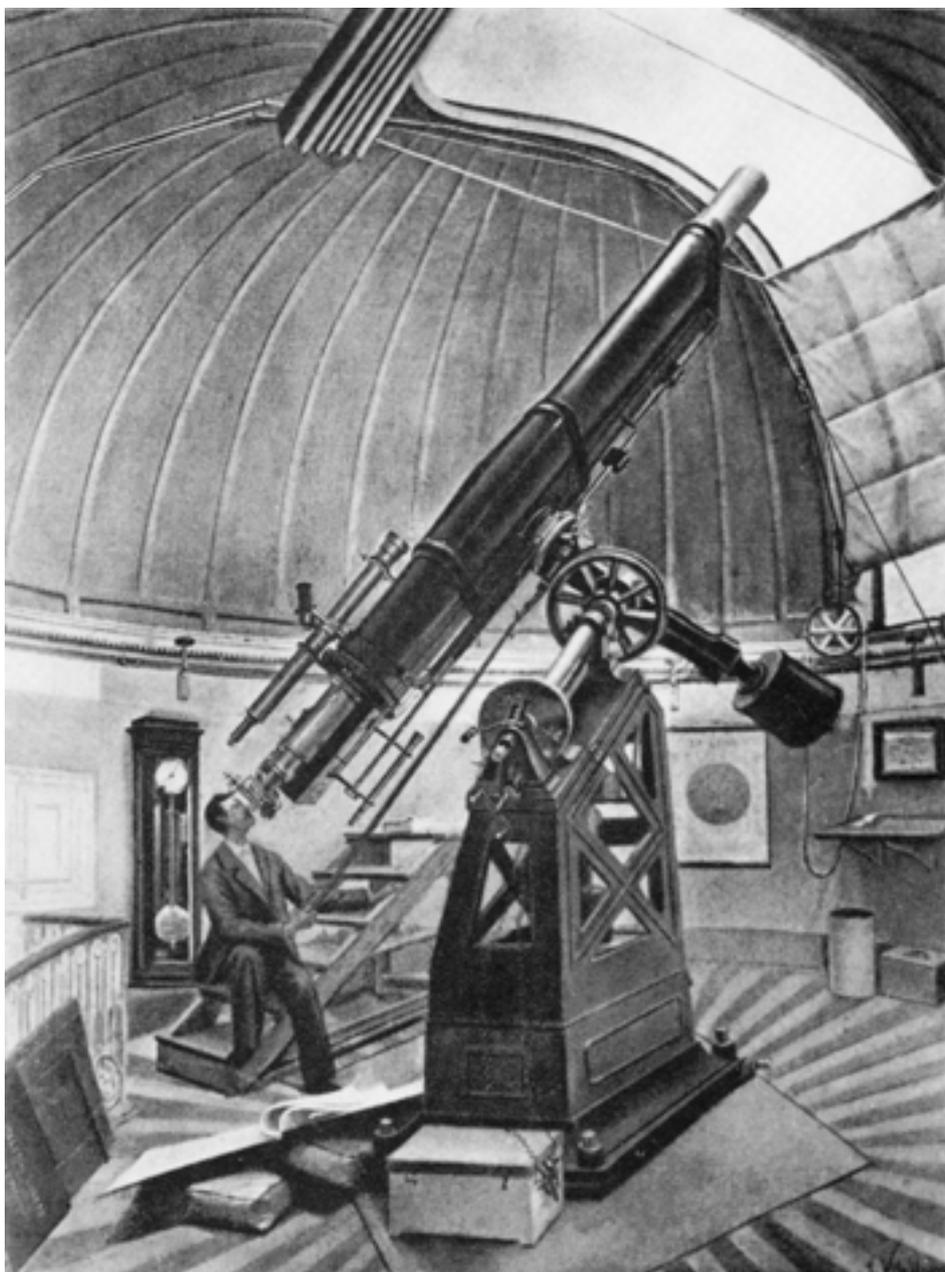


Figura 2. El observatorio de Patxot en un grabado de la época. Aún existe en la actualidad, instalado desde 1918 en el edificio histórico de la Universidad de Barcelona, pero está inoperativo.

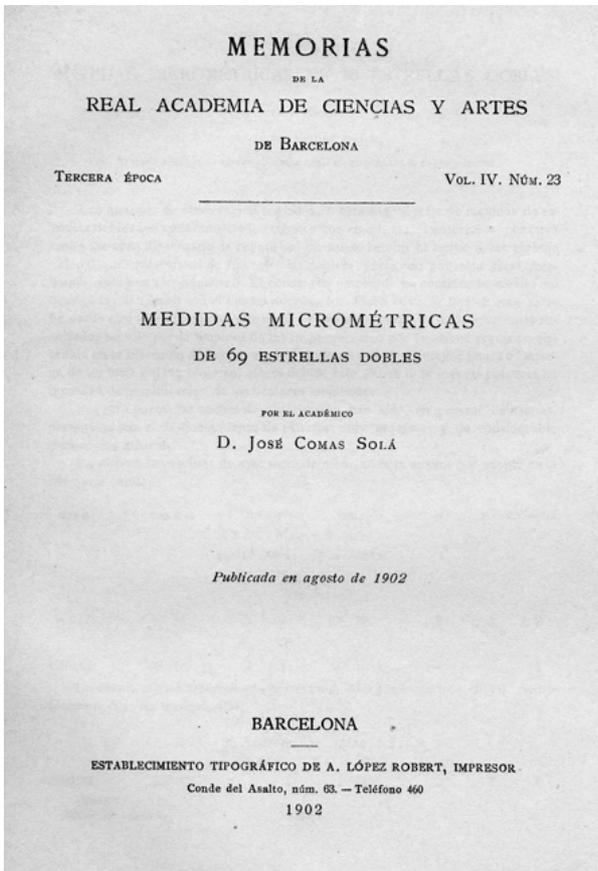


Figura 3. Portada de “Medidas micrométricas de 156 estrellas múltiples”, de José Comas Solá (1902).

Figura 4. Una página interior de “Medidas micrométricas de 156 estrellas múltiples”.

- 4 -

| Época | Ang. Pos. | N.º | P.º | Dist. | N.º | P.º | N.º noches |
|---|-----------|-----|-----|--------|-----|-----|------------|
| Σ 86. Mag. 8.2, 8.7 α = 0 ^h 59 ^m 7 δ = -6° 1' | | | | | | | |
| 1902.02 | 155° 50' | 2 | 2 | 12''88 | 3 | 2 | 1 |
| Binaria? | | | | | | | |
| Σ 91. Mag. 6.7, 7.5 α = 1 ^h 2 ^m 1 δ = -2° 16' | | | | | | | |
| 1902.02 | 323° 8' | 3 | 3 | 3''52 | 2 | 3 | 1 |
| Fija. | | | | | | | |
| Σ 100 = ζ Piscium. Mag. 4.2, 5.3 α = 1 ^h 8 ^m 5 δ = +7° 3' | | | | | | | |
| 1902.01 | 63° 37' | 3 | 2 | 24''15 | 2 | 2 | 1 |
| Sistema físico. | | | | | | | |
| Σ 113 = 42 Ceti. Mag. 6.2, 7.2 α = 1 ^h 14 ^m 7 δ = -1° 2' | | | | | | | |
| 1901.82 | 359° 39' | 4 | 2 | 1''40 | 2 | 2 | 2 |
| Binaria. | | | | | | | |
| h. 2036. Mag. 7.0, 7.5 α = 1 ^h 15 ^m 0 δ = -16° 20' | | | | | | | |
| 1902.03 | 16° 57' | 2 | 3 | 1''88 | 1 | 3 | 1 |
| Binaria. | | | | | | | |
| h. 3447. Mag. 6.0, 7.0 α = 1 ^h 31 ^m 5 δ = -30° 27' | | | | | | | |
| 1902.03 | 95° 34' | 3 | 3 | 2''24 | 3 | 2 | 1 |
| Lento movimiento directo. | | | | | | | |
| Σ 202 = α Piscium. Mag. 2.8, 3.9 α = 1 ^h 56 ^m 9 δ = +2° 17' | | | | | | | |
| 1902.01 | 321° 54' | 2 | 2 | 2''57 | 2 | 3 | 1 |
| Binaria. | | | | | | | |

318

micrómetro, entonces último modelo, de la misma marca que el telescopio, la francesa Mailhat [1]. (figura 5, página 114).

La estancia de Comas en Sant Feliu de Guíxols no se prolongó mucho tiempo. Allí conoció a la hermana de Rafael Patxot, María, con la que contrajo matrimonio, de modo que en 1899 ambos establecieron su residencia en Barcelona en el que hoy es el barrio de Gracia. En la terraza de la casa, a la que Comas denominó “Villa Urania” en honor a la musa de la astronomía, instaló también un observatorio, en este caso bastante más modesto que el de Patxot. Se trataba de una construcción de madera con una cúpula cilíndrica de 3 metros de diámetro que albergaba un telescopio Grubb de 152 milímetros de abertura, con una cámara fotográfica para placas de 18x24 cm situada en paralelo, de la misma abertura y de gran campo gracias a un objetivo de tipo Petzval (figuras 6 y 7, página siguiente).

Desde este observatorio Comas llevó a cabo numerosos trabajos de todo tipo de especialidades, desarrolló nuevas técnicas fotográficas y realizó la mayor parte de sus descubrimientos, especialmente los dos cometas y todos los asteroides. Sin embargo, no hay constancia de que efectuara observaciones de estrellas dobles, salvo la última serie de observaciones que antes hemos mencionado y que debió hacer inmediatamente después del estreno del telescopio. De hecho, este telescopio era bastante menos adecuado para dobles que el anterior de Patxot, pero también se explica porque pronto contó con el nuevo telescopio del Observatorio Fabra.

La Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona acordó la construcción de un observatorio en un punto de 414 metros de altitud del monte Tibidabo, en la sierra que limita Barcelona por su lado noroeste. Es preciso decir que el observatorio se pudo construir gracias a una importante aportación económica realizada por el industrial Camilo Fabra, marqués de Alella, a raíz de haber leído éste en “La Vanguardia” uno de los artículos de Comas en el que se lamentaba de que la Academia no tuviera medios para edificar un observatorio. La Academia nombró a Comas director del proyecto y después, tras su inauguración, director del observatorio.

La inauguración del Observatorio Fabra, en 1904, fue un solemne acto presidido por el rey Alfonso XIII, persona interesada por la astronomía especialmente porque su madre, la reina María Cristina, fue una aficionada activa. El instrumento principal es (sigue en funcionamiento en la actualidad) un telescopio

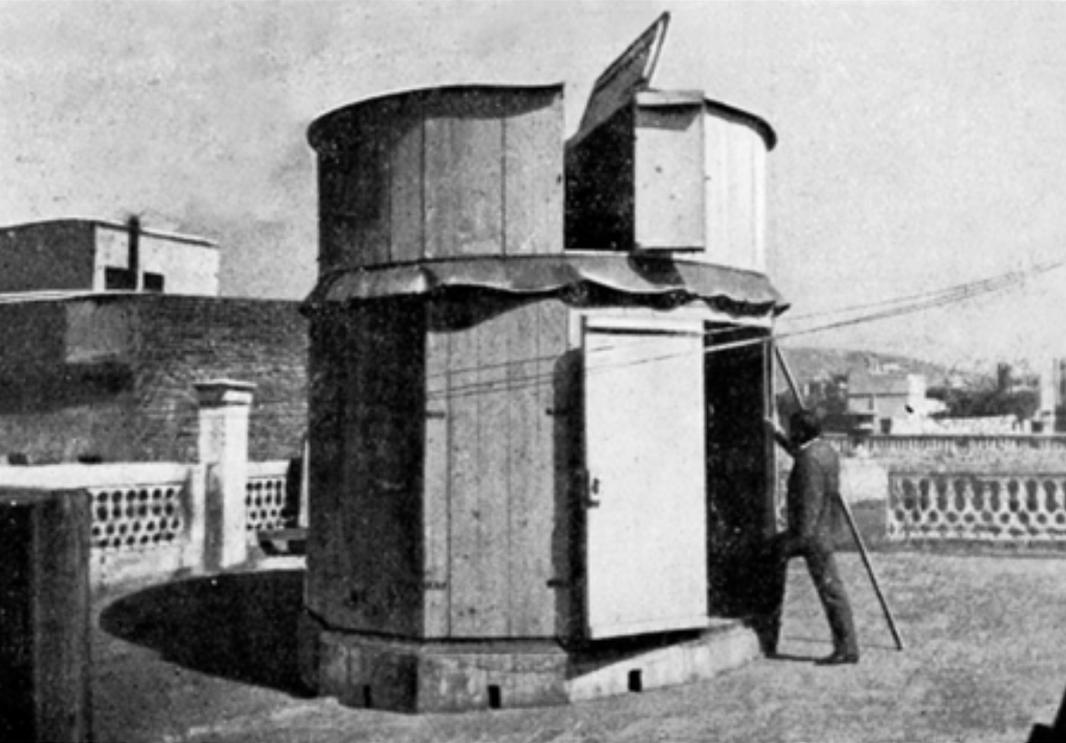


Figura 6. El observatorio privado de José Comas Solà en su "Villa Urania" de Barcelona.



Figura 7. Telescopio Grubb de 152 milímetros con la cámara fotográfica encima.

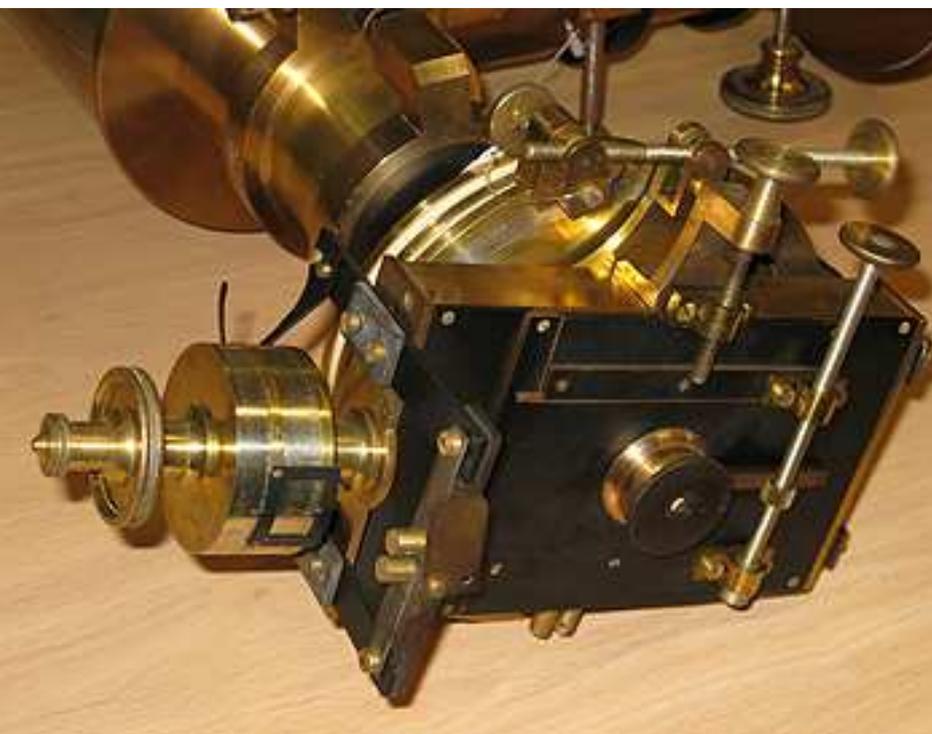


Figura 5. El micrómetro del telescopio de 220 milímetros del observatorio de Patxot con el que Comas realizó las mediciones angulares de las estrellas dobles.

refractor de 380 milímetros de abertura y 6 metros de distancia focal. Es del mismo tipo y marca que el que tenía Patxot (Mailhat), lo cual demuestra que Comas estaba satisfecho del rendimiento de aquel telescopio cuando decidió que el del Observatorio Fabra fuera idéntico pero de mayor tamaño (ver figura de la portada del artículo).

Cuando tuvo el nuevo telescopio lo primero que hizo Comas fue verificar su calidad y para ello utilizó un test infalible: las estrellas dobles.

El *poder resolvente* o *poder separador* (límite de Rayleigh) del telescopio del Observatorio Fabra, de acuerdo con su abertura, es de 0,32 segundos de arco. Corresponde al ángulo teórico en que se observa la tangencia entre los discos de difracción de dos estrellas de similar magnitud, ni muy brillantes ni muy débiles; por debajo de este límite los discos se ven más o menos unidos. El ángulo mide la distancia entre los centros de los dos discos.

Con cualquier telescopio hacen falta cuatro condiciones para conseguir llegar a su máxima resolución en observaciones visuales:

1. Máximo contraste de la imagen.

2. Ausencia de turbulencia (al menos en periodos de tiempo suficientes para percibir los detalles; puede tratarse únicamente de segundos o, incluso, de décimas de segundo).

3. Buena calidad instrumental.

4. Experiencia por parte del observador.

Los puntos 1 y 3 pueden estar relacionados. Si el instrumento no es de calidad, no ofrecerá definición en las imágenes y, por tanto, éstas perderán detalle y contraste. Las imágenes estelares únicamente son discos muy pequeños, casi verdaderos puntos, cuando el telescopio es de muy buena calidad.

Pues bien, Comas realizó una serie de observaciones de estrellas dobles que escogió en función de sus separaciones angulares a fin de tener una buena escala para calibrar el telescopio. En la figura 8 (página siguiente) se muestra el resultado que obtuvo y que publicó en la revista *L'Astronomie*, de París, en 1904. Con estas observaciones se demuestra que el telescopio y las condiciones de cielo eran muy satisfactorias.

Así como hay registros de observaciones de muy diversos tipos y fotografías realizadas por Comas hasta poco antes de su fallecimiento, en 1937, no nos constan más registros de estrellas dobles, como si fuera una actividad que abandonó.

Las mencionadas publicaciones de sus resultados por parte de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona son hoy día una buena base para seguir estudiando sus estrellas, con más de cien años de intervalo.

De las tres estrellas dobles que Comas indica haber descubierto, en la actualidad solamente hay una catalogada. Es la WDS 19256+0907 SOL 1; está en Aquila, no muy lejos de la estrella Altair (AR 19h 25m 33s73; Dec +09° 07' 25"0; 2000,0). Se trata de un bonito par de magnitudes bastante similares (9,5 – 9,9) y con una separación de 23".

Juan-Luis González Carballo ha profundizado en la documentación de esta estrella y ha hallado el comunicado original de Comas en "*Astronomische Nachrichten*" (figura 9, página siguiente). La información actual que aparece en el WDS se muestra



Le pouvoir séparateur de l'équatorial de l'Observatoire Fabra. — Je me fais un devoir et un plaisir de communiquer à la Société Astronomique de France quelques résultats obtenus avec l'équatorial astro-photographique de 38 centimètres construit pour cet observatoire par notre collègue M. R. Mailhat, et concernant le pouvoir séparateur de cet instrument. Le tableau suivant résume ces essais.

| ÉTOILES | GRANDEURS | DISTANCE | OBSERVATIONS |
|--|-----------|----------|--|
| α Aigle = $\text{O}\Sigma$ 380..... | 6,0 - 7,0 | 0",50 | Très facile. |
| ζ Bouvier = Σ 1865..... | 3,5 - 3,9 | 0,40 | Facile. |
| γ Andromède..... | 5,5 - 6,8 | 0,46 | Id. |
| η Ophiuchus..... | 3,4 - 3,9 | 0,48 | Id. |
| δ Pégase = Σ 2912..... | 5,8 - 7,2 | 0,36 | Id. |
| δ Petit Cheval = Σ 2777.... | 4,5 - 5,0 | 0,30 | Les disques sont tangents. Dédoublément net. |
| Houg 296..... | 5,5 - 6,0 | 0,25 | |
| β 1129..... | 6,3 - 6,3 | 0,29 | Id. |
| $\text{O}\Sigma$ 536..... | 7,0 - 7,5 | 0,26 | Id. |
| Houg 98..... | 8,0 - 8,0 | 0,23 | Dédoublément net par moments. |
| Σ 2367..... | 7,2 - 7,6 | 0,22 | Par moment on la voit presque nettement dédoublée. |
| β 989 = α Pégase..... | 4,0 - 5,0 | 0,22 | On voit les deux disques, mais ils sont sécants. |
| β 1203..... | 7,5 - 7,7 | 0,20 | Id. |
| β Dauphin = β 151..... | 4,0 - 6,0 | 0,25 | Allongement facile. |
| ζ Flèche = Σ 2585..... | 6,0 - 6,0 | 0,18 | Allongement très accusé.. |

J. COMAS SOLÁ.
Directeur de l'Observatoire Fabra.

Figura 8. Resultado del desdoblamiento de estrellas dobles como test con el refractor de 380 milímetros del Observatorio Fabra. La columna «distancia» se refiere a separaciones angulares ya conocidas. Con la flecha indicamos los pares situados en el límite de Rayleigh y por debajo. («L'Astronomie», noviembre 1904).

en la figura 10 (página siguiente), con 18 medidas, de las cuales la primera es, naturalmente, de Comas.

Después, Juan-Luis ha realizado un completo estudio, obteniendo una imagen CCD desde su observatorio Cerro del Viento (figura 11, página siguiente). Los gráficos de la figura 12 (página siguiente) muestran el comportamiento de Theta y Rho

en el transcurso del tiempo, de modo que sus desplazamientos son prácticamente lineales, afectados por una cierta dispersión en mediciones visuales de los años noventa.

Calculados los movimientos propios a partir de los datos del UCAC3, la A tiene un movimiento de 99,7 msa/año en AR y 92,8 msa/año en Dec. La componente B los tiene de 4,8 y 10,3 respectivamente. Ello hace pensar que casi con toda seguridad se trata de un par óptico. En la figura 13 (página siguiente) se muestra una composición RGB a partir de las placas del POSSI (1950) y POSSII (1992) donde se ve que la componente A, efectivamente, tiene un movimiento propio muy elevado mientras que la B es casi fija.

Anonyme. Gr. 8.2 , 8.7.
AR. = $19^{\text{h}} 16^{\text{m}} 5$ Décl. = $+9^{\circ} 0'$.

| | | | | | |
|----------|-------------------------------|--------|-------|--------------|------|
| 1898.512 | $18^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ | 169 11 | 25.38 | 55° | 3, 3 |
| , , | , , | 168 17 | 25.92 | , , | 3, 3 |
| , , | , , | 168 18 | — | , , | 3, — |
| 1898.512 | | 168 35 | 25.65 | | |

Je n'ai pas trouvé cette étoile dans les observations de Dembowski, A. Hall, Burnham etc., ni dans le Catalogue de J. Herschel.

Figura 9. Comunicado de José Comas Solá en "Astronomische Nachrichten" sobre la estrella que él califica de Anónima (WDS 19256+0907 SOL 1). Theta aparece invertido con respecto al valor que aparece en WDS; hay que sumarle 180° .

SOL 1, datos e imágenes



MEASURES:

| SOL | 1 | 1898 | 1898 | 2009 | 18 | 346 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|----------|----------|----------|------|------|----------|--------------------|--------------------|------|----------|----------|--------------------|---|
| 1898 | 1898 | 346 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 1 | Sol1898B | Ma | 5 |
| 1898.57 | 347.2 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.3 | 1 | WFC1998 | Pa | 0 | |
| 1907.57 | 346.0 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.0 | 3 | Bu_1913 | Ma | 4 | |
| 1919.65 | 342.3 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.3 | 1 | WFC1998 | Pa | 6 | |
| 1920.61 | 342.1 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.3 | 1 | WFC1998 | Pa | 6 | |
| 1929.09 | 339.3 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 1 | WFC1958B | Pa | 6 | |
| 1936.47 | 337.9 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.1 | 1 | WFC1950C | Pa | 6 | |
| 1957.65 | 331.0 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 1 | WFC1975 | Pa | 6 | |
| 1980.000 | 336.0 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.1 | 3 | C112003 | Ma | 6 | |
| 1983.23 | 323.6 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 6 | WFC1999 | Pa | 6 | |
| 1989.345 | 324.0 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.1 | 1 | Tob2003 | Ma | 6 | |
| 1991.73 | 320.6 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.4 | 1 | TYC2002 | Ht | 6 | |
| 1991.73 | 320.6 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.4 | 1 | TYC2002 | Ht | 7 | |
| 1993.550 | 324.1 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.1 | 1 | Tob2003 | Ma | 6 | |
| 1993.569 | 324.0 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.1 | 1 | Tob2003 | Ma | 6 | |
| 1994.506 | 319.0 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.1 | 1 | Tob2003 | Ma | 6 | |
| 1999.60 | 318.1 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.3 | 1 | TMA2003 | E2 | 7 | |
| 1999.60 | 318.1 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.3 | 1 | TMA2003 | E2 | 7 | |
| 1999.60 | 318.1 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.3 | 1 | TMA2003 | E2 | 7 | |
| 1999.60 | 318.1 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 1.3 | 1 | TMA2003 | E2 | 7 | |
| 2004.508 | 317.3 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 1 | Arn2005F | C | 6 | |
| 2009.722 | 315.00 | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 4 | Chs2010 | C | 7 | |
| 2010. | . | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 1 | AAV2012 | Zc | 7 | |
| 2010. | . | 315 | 25.5 | 22.8 | 9.51 | 9.90 | F8 | +098+092 | +004+010 | +08 | 4092 | N | D | 192533.73+090725.0 | 0.2 | 1 | AAV2012 | Zc | 7 | |

Finalmente, Juan-Luis ha comprobado que los datos sobre fotometría que figuran en el WDS son correctos (en el Tycho son 9,509 y 9,899 para las componentes A y B respectivamente); él mismo los ha calculado mediante transformaciones fotométricas y cuadran a la perfección (9,49 y 9,87). El WDS solo cita la clase espectral para la componente A (F8), pero él ha calculado la clase de la B mediante el método desarrollado por Francisco Rica, obteniendo un espectro coincidente (F4).

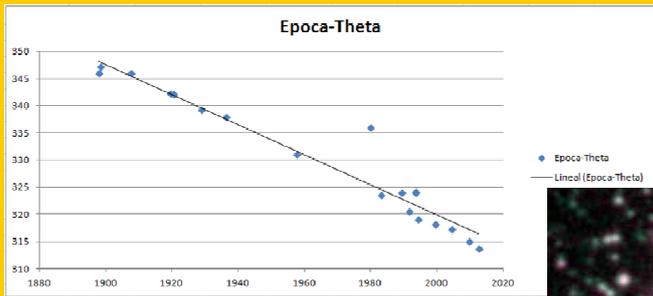


Figura 10 © WDS

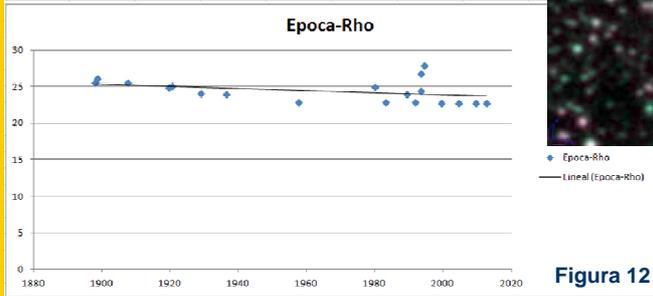


Figura 12

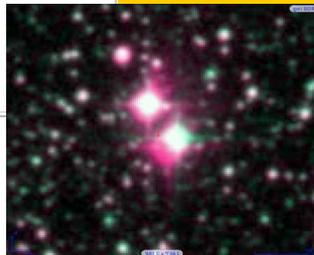


Figura 13

Figura 11

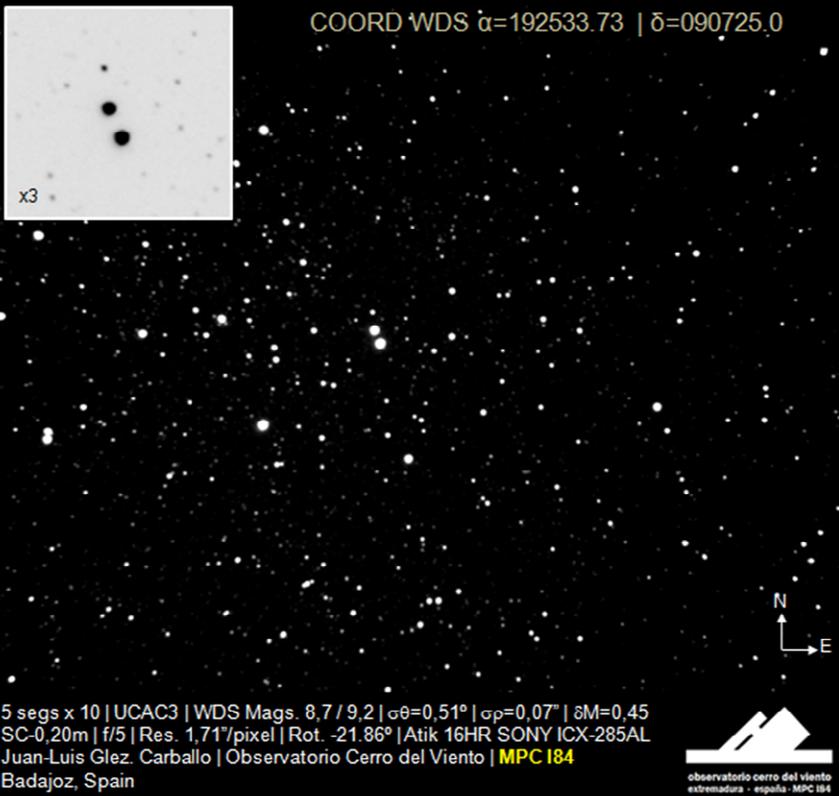
[1] En la introducción de “Medidas micrométricas de 156 estrellas múltiples”, Comas indica que el telescopio era de 200 mm de apertura, pero en realidad es de 220.

Bibliografía

- En Wikipedia hay una buena biografía de Comas Solá (buscar por José Comas y Solá).
- Almor, F., Oliver, J. M., 1987, “José Comas Solà, cincuentenario de su fallecimiento”, ASTRUM núm. 77, Agrupación Astronómica de Sabadell.
- Batló, J., Cebrian, I., Oliver, J. M., Roca, A., Ruiz, P., 2004, “Josep Comas i Solà, astrònom i divulgador”. Ed. Ajuntament de Barcelona (en catalán).
- Oliver, J. M., 1997, “Historia de la astronomía amateur en España”, Ed. Equipo Sirius, S.A.

19256+0907 SOL 1 2012.696 $\theta=313,71^\circ$ | $\rho=22,75''$

COORD WDS $\alpha=192533.73$ | $\delta=090725.0$



5 segs x 10 | UCAC3 | WDS Mags. 8,7 / 9,2 | $\sigma_\theta=0,51''$ | $\sigma_\rho=0,07''$ | $\delta M=0,45$
 SC-0,20m | f/5 | Res. 1,71"/pixel | Rot. -21.86° | Atik 16HR SONY ICX-285AL
 Juan-Luis Glez. Carballo | Observatorio Cerro del Viento | MPC 184
 Badajoz, Spain

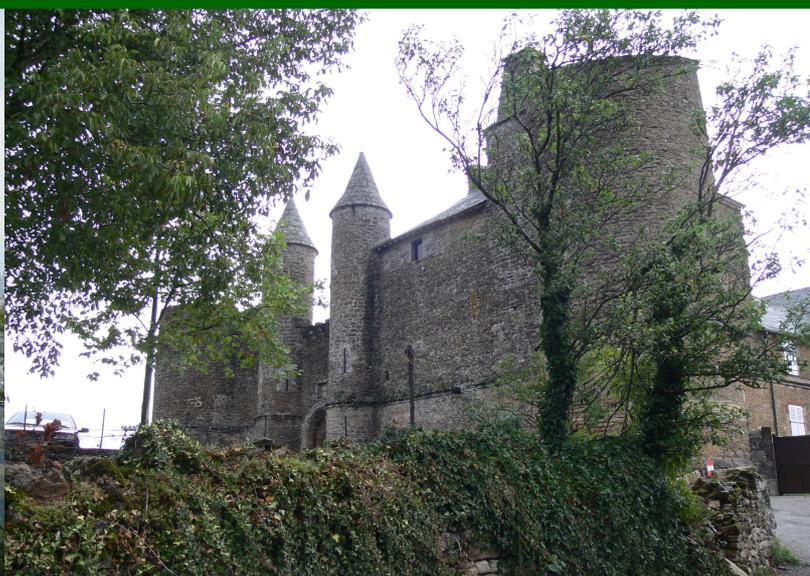


Congrès
amateurs professionnels
en **astrophysique**
stellaire

du 28 sept. 2012
au 01 oct.

Congreso Am-Pro de Astrofísica Estelar

por Ignacio Novalbos Cantador



Entre el 28 de septiembre y el 1 de octubre tuve el honor de ser invitado como ponente, junto a mi compañero Xavier Miret del Observatori Astronòmic del Garraf, al Congreso Am-Pro de Astrofísica Estelar (CAPAS) que se celebraba en la pintoresca localidad de Onet le Château, muy cercana a la ciudad medieval de Rodez, situada en la región francesa de Midi-Pyrénées.

COMO ANTECEDENTE, basta decir que el CAPAS tomó el relevo al **II International Meeting of Double Stars Observers** que reunió en Sabadell durante dos días, en Octubre del 2010, a un buen número de profesionales y amateurs dedicados a la observación y estudio de las estrellas dobles.

Este congreso, en el que por primera vez, doblistas y variabilistas pudieron intercambiar durante 4 días sus trabajos y experiencias, tuvo por objetivo presentar los últimos descubrimientos y técnicas aplicados a la física estelar y relacionados con objetos tan interesantes como estrellas dobles visuales,

espectroscópicas, astrométricas, variables eclipsantes, estrellas pulsantes, supernovas y con exoplanetas. Quizás os resulte curioso ver cómo, en la denominación del congreso, se antepone el prefijo **Am** (Amateur) al **Pro** (Profesional), algo por otra parte completamente lógico, si tal y cómo ocurrió en este congreso, se da el caso de que la iniciativa de su organización surge de **Andromède 4A**, la entusiasta asociación de aficionados del Aveyron.

Cabe destacar el esfuerzo que la organización local capitaneada por Laurent Corp y Annick Lamouret, ambos miembros de **Andromède 4A**, realizó para que la reunión fuese todo un éxito. Algo que por otra parte ya estaba asegurado desde el principio. Basta con echar un vistazo a los componentes del Comité Científico:

Remi Cabanac, IRAP, Tarbes, Francia
Laurent Corp, Andromède 4A, Rodez, Francia
Pierre Durand, SAF, París, Francia
Jean-François Le Borgne, IRAP, Toulouse, France
Edgar Soulié, SAF, París, Francia
Tòfol Tobal, Observatori Astronòmic del Garraf, Barcelona, España
David Valls-Gabaud, Observatoire de París, Francia



Miembros del equipo organizador. (Créditos: Andromède 4A)

Las expectativas eran altas y la verdad es que el **CAPAS** no defraudó. Cerca de 70 astrónomos profesionales y amateurs provenientes de España, Francia, Reino Unido, Bélgica, Rusia e Italia, presentaron sus trabajos “in situ”. También se establecieron videoconferencias con algunos de los astrónomos más relevantes de los EE.UU. que se encargaron de mostrarnos el estado actual de sus proyectos de investigación.

A modo de ejemplo os citaré, tan solo algunas, de las interesantes conferencias a las que tuvimos la fortuna de poder asistir:

- Dernières nouvelles de la planète MARS, **Sylvestre Maurice (IRAP, Toulouse, Francia)**
- Un survol de l'histoire de l'observation des étoiles doubles, **Paul Couteau et Edgar Soulié (SAF)**
- The life and work of Baron Ercole Dembowski, **Bob Argyle**
- Binary star database: state of affairs and prospects, **Oleg Malkov (Institute of Astronomy, Moscú)**
- Accuracy of visual double star catalog of Pulkovo observatory, **Olga Vasilkova (Observatorio de Pulkovo)**
- Determining the orientation of the orbital poles of double stars in the solar neighborhood, **Daniel Bonneau**
- Dynamic investigations of visual double and multiple stars on the basis of Pulkovo 26-inch refractor observations for 50 years, **Olga Kiyeva (Observatorio de Pulkovo)**
- Interférométrie des tavelures sur étoiles doubles avec des moyens amateurs, **Bernard Trégon (SAF)**
- GWP Catalog Part I. Equatorial Zone : 1725 new common proper motion systems found in the Garraf Survey, **X. Miret, I. Novalbos, (Observatori Astronòmic del Garraf, Barcelona, España)**
- Pulsating stars, **Mike Simonsen (AAVSO)**, a través de videoconferencia.
- Mesure des vitesses radiales par les amateurs: applications à la caractérisation des couples stellaires et la détection des exoplanètes, **Christian Buil (T60)**
- Searching for Low Amplitude Variable Stars and Transiting Exoplanets, **Stan Waterman (BAA, VSS)**
- Vie et mort des étoiles, **James Lequeux (Observatorio de París)**
- Role of binary and variable stars in cosmic distance scale, **David Valls-Gabaud (Observatorio de París)**
- The state eclipsing binary observations by amateurs, **Laurent Corp (4A, GEOS, AAVSO)**
- Amateur spectrometric study of Albireo, **David Antao**
- The rare eclipse stars ϵ Aur and ζ Aur: a report on 2011 eclipses, **Jeff Hopkins**, a través de videoconferencia.



Durante una sesión de trabajo. (Créditos: Andromède 4A)



Foto de familia del congreso. (Créditos: Andromède 4A)

Creo que no tengo que convencer a nadie de que a pesar de lo apretado del programa (desde las 9:00h a las 21:00h), tanto las ponencias como los ponentes, estuvieron al más alto nivel. En la foto de la sesión de trabajo podéis comprobar lo atentos que estábamos todos.

Y eso no es todo, tanto el que escribe como su compañero Xavier Miret tuvieron la suerte y el honor de poder compartir mesa y charla con astrónomos de la talla de Paul Couteau, Edgar Soulié, Bob Argyle, David Valls-Gabaud, Daniel Bonneau, Oleg Malkov, Laurent Corp y el mítico gurú de la espectrometría amateur Christian Buil.

Otro aspecto a destacar, y que da una idea de lo excepcional del trabajo llevado a cabo por el comité

organizador, fue el lugar donde se desarrollaron todas las jornadas del CAPAS. El ayuntamiento de Rodez puso a nuestra entera disposición el pabellón deportivo municipal. Os puedo asegurar que no nos faltó de nada. Desde unas amplias y cómodas mesas de trabajo con conexión eléctrica para los portátiles, hasta conexión wifi gratuita y de calidad, pasando por una enorme pantalla donde proyectar las presentaciones múltiples en inglés y francés (idiomas oficiales del congreso), más una pantalla dedicada en exclusiva a las videoconferencias.

Y como no podía ser de otra manera, una zona con una impresionante exposición de espectrógrafos y equipos de observación junto a otra dedicada a la venta de libros y artículos

astronómicos además de la zona para la exposición de pósters e imágenes...en fin, el sueño de cualquier astrónomo.

Y eso sin hablar de los reconfortantes cafés y los deliciosos menús servidos en los almuerzos, además de una sublime cena de gala en la que tuvimos el placer de degustar una exquisita selección de platos, quesos y vinos típicos de la región del Aveyron, cuna del mundialmente conocido queso Roquefort.

Y qué decir del paisaje, un aliciente más del viaje. Más abajo podéis ver al equipo del OAG posando, cuando ya regresábamos a Barcelona, junto al impresionante viaducto de Millau que atraviesa, con un recorrido de casi 2,5 km y una altura de 245 metros, la garganta del río Tarn...¡¡IMPRESIONANTE!!



Presentando los resultados del GWP. (Créditos: Andromède 4A)



Cena de gala bajo el techo "estrellado" del pabellón. (Créditos: I.N.)



Por si queréis ver con más detalle e incluso poder descargar las presentaciones o curiosear en el álbum fotográfico del congreso, os dejo el enlace a la pagina del CAPAS y a la de la Asociación Andromède 4A donde encontraréis toda la información que necesitéis.

Lo pasé tan bien que ya estoy impaciente por saber dónde se organizará el próximo encuentro de Observadores de Estrellas Dobles para no perdérmelo.

Os mantendré informados. ☺



Ignacio Novalbos y Xavier Miret ante el viaducto de Millau. (Créditos: I.N.)



CASI 1.000 AÑOS ATRÁS la luz de una estrella que explotó alcanzó la Tierra. Esta luz de la estrella era tan brillante que semejaba tener un segundo sol en el cielo. La madrugada del 6 de mayo del año 1006 mostró un nuevo objeto brillante, apareciendo unas horas antes que el Sol.

Este objeto era una supernova. La última persona en estudiar una en nuestra galaxia fue Kepler, hace unos 400 años. Gracias a nuestro conocimiento actual de las supernovas de otras galaxias, sabemos que, para el tamaño de la nuestra, deberíamos ver una cada cien años. Esto significa que llevamos unos 300 años de retraso para la siguiente.

Varias estrellas cercanas son posibles candidatas a convertirse en supernovas. Betelgeuse, el hombro de Orión, es una de ellas. En caso de que explote se convertiría en una supernova de tipo II y sería tan brillante como la Luna Llena. Otra buena candidata es Eta Carinae, que incluso podría convertirse en un fenómeno realmente poco frecuente: una hipernova.

Cerca de nuestra galaxia hay otra mucho más grande denominada M31. En 1885 una "nueva estrella" se observó en ella. Ahora es reconocida como la primera supernova vista en la era moderna. Durante unas semanas, este objeto era tan brillante que se podía ver a simple vista. A día de hoy todavía hay una emisión de radio en esta zona de M31.

Este año nos estamos acercando a 1.000 descubrimientos de supernovas. Algunos de ellos se encuentran en galaxias cercanas, otras en galaxias tan distantes que sólo pueden ser observadas a través de los más grandes telescopios. Se han desarrollado nuevas formas de encontrar estos objetos, como ocurre con la sustracción de imágenes; igualmente, las observaciones de radio también están incrementando estos números.

En 1054 astrónomos chinos reportaron la presencia de una *estrella invitada* en la constelación de Tauro. Esta estrella fue realmente muy brillante; no tanto como la supernova de 1006, pero sí muy luminosa. El remanente de este objeto es ahora conocido por nosotros como M1, el primero en una lista de objetos que "no eran cometas" elaborada por Charles Messier. Allí, en el corazón de M1, hay un objeto conocido como estrella de neutrones. Este objeto de 30 km de ancho es todo lo que queda de la estrella gigante que explotó; gira 30 veces por segundo, y es tan denso que puede ser considerado uno un átomo gigante.

La supernova de 1054 fue una explosión de supernova de tipo II. 1987A, en la cercana galaxia conocida como la Gran Nube de de Magallanes, era también del mismo tipo. Estas explosiones ocurren cuando estrellas muy grandes acaban con su vida. Veinticinco años después todavía estamos viendo la explosión que tuvo lugar.

Las supernovas de tipo II sólo ocurren en estrellas muy grandes. El tamaño mínimo de una de estas estrellas es diez veces más grande que el de nuestro Sol. Estas estrellas viven rápido y mueren jóvenes. La mayoría de las estrellas queman hidrógeno durante la mayor parte de sus vidas. Después tienen un periodo vital menor en el que queman helio; tras él, terminan desvaneciéndose. Sin embargo, en aquellas estrellas muy grandes el final es muy diferente.

Una estrella es un equilibrio entre la fuerza de la gravedad tirando hacia adentro y la de un potente motor nuclear empujándolo hacia fuera. La violencia de los primeros días de vida de una estrella consiste en lograr un equilibrio entre ambas fuerzas. En el caso de las estrellas muy grandes estas fuerzas funcionan igual que en las estrellas más pequeñas, salvo en

las etapas finales. Cuando una estrella grande deja de quemar helio se pone más caliente y quema berilio. A continuación, los átomos de berilio se funden en oxígeno, sodio, silicio, calcio, y, finalmente, en hierro. El problema con la fusión del hierro es que no produce tanta

energía como la que se necesita. Cuando ocurre este paso (que puede tomar sólo un día) el motor nuclear se detiene. De repente, la gravedad gana. La capa externa de la estrella se desploma hacia las capas interiores y la estrella explota.

Supernovas: cuando una estrella explota

por DAVID BISHOP

En este punto, la estrella se convierte en un productor gigante de elementos exóticos. Cada elemento más pesado que el hierro se produce a partir de estas explosiones. El resplandor brillante que vemos en la supernova es la rápida desintegración radiactiva de muchos de estos elementos. La estrella comienza a brillar con tal intensidad que podría ser vista desde todos los rincones de la galaxia.

Tras la explosión, toda esa energía arroja estos elementos exóticos al espacio, donde son recogidos en una nebulosa. Los gases se condensan, en un primer momento en un disco para, más tarde, formarse planetas a su alrededor. Nuestro propio Sol y nuestro planeta nacieron de una de esas nubes. Es por ello que elementos como el hierro y el cobre se puede encontrar hoy en la Tierra.

Todavía estamos tratando de entender estas explosiones. Una de las variedades de supernovas, que se describe como de "Tipo Ia", se cree que se trata de la explosión de un par de estrellas. Una extrae material de la otra hasta que se alcanza una masa crítica. Estas explosiones se utilizan para medir distancias en el universo.

Otros tipos de supernovas, como las extrañas hipernovas, todavía no se comprenden bien pero, a medida que nuestro conocimiento de estos objetos crece, también lo hace la cantidad de datos. Yo me he propuesto compilar estos datos como un *científico ciudadano*.

No se tiene que tener un doctorado para hacer este tipo de trabajo. Tan sólo debes tener la capacidad de hacer algo que nadie más ha hecho. Y no es una cosa difícil de hacer. Cualquiera puede. Todo lo que tienes que hacer es estar dispuesto a llevarlo a cabo.

He creado una página web que actualmente es la más utilizada del mundo para rastrear supernovas. La página está disponible en: <http://www.RochesterAstronomy.org/snimages>. A fecha de hoy llevo manteniéndola desde hace 16 años.

Muchas personas han contribuido a esta web. Una vez que se ha descubierto una nueva supernova, lo habitual es que el siguiente paso consista en recibir una imagen del descubrimiento. Gracias a ello estoy en el centro de la corriente de datos. De esta forma se pueden hacer muchas cosas.

He escrito programas de ordenador. Al principio eran sólo para mantener la página, pero ahora funciona de forma automática rastreando entre los datos: busca objetos duplicados, realiza un recuento de ellos y desarrolla un seguimiento de todas las observaciones recibidas. ©

► David Bishop lleva más de 16 años manteniendo una página dedicada al estudio de las supernovas. Esta fuente se ha convertido en un buen lugar para localizar información sobre estos objetos. El asteroide 70401 ha sido designado DavidBishop en su honor. Mr. Bishop es un miembro muy activo de su agrupación astronómica local, donde ofrece regularmente charlas y de la que ha sido presidente durante cuatro años. Además, es cinturón negro de kárate de segundo grado. Diseña chips de ordenadores para vivir y escribe la mayor parte del software que necesita para su diseño. Vive con su mujer y sus dos hijos en Rochester (Nueva York, EE.UU.).

