

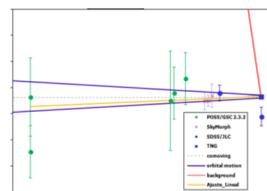
el observador de estrellas dobles

16

enero · junio de 2016



Detectando el movimiento de Sirio B
por Giuseppe Donatiello



Una nueva binaria M+WD
Juan-Luis Glez. Carballo
y Francisco M. Rica

Medidas de sistemas binarios
cerrados mediante la técnica
Lucky Imaging
Rafael Benavides Palencia



Revisión de HLM 43
Miguel Gómez, Mario Gómez,
Sorin Constantin, Raúl A.
Rodríguez y Gregorio Rosa

Cómo medir estrellas dobles con elevada diferencia
de magnitud entre sus componentes
Marcel Fay

Astrometría de estrellas dobles
M. Granado, L. Ribé, J. M. L. Cuñat, Marcel Fay, Isabel Irazu...

SECCIÓN
¿por qué observo
estrellas dobles?
CON
Gianluca Sordiglioni



FUERA DE FOCO
O. Malkov
y V. Surdin
escriben en
OED



índice

ACTUALIDAD

Editorial | 3

Noticias de actualidad | 4

por *Francisco M. Rica*

Noticias Comisión G1 de la UAI | 10

por *Edgardo R. Masa Martín*

Crónica del IV International Pro-Am Meeting on Double & Multiple Stars | 11

por *Edgardo R. Masa Martín y Rafael Benavides Palencia*

OBSERVACIÓN

CRB 220: una nueva binaria M+WD | 37

por *Juan-Luis González Carballo y Francisco M. Rica Romero*

50 Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica de Lucky Imaging | 50

por *Rafael Benavides Palencia*

Astrometría de estrellas dobles desde cielos urbanos | 72

por *Margarita Granado Sánchez-Toscano*

Observación de estrellas dobles abandonadas | 80

por *Lluís Ribé de Pont*

Medidas de estrellas dobles en Cygnus | 86

por *Javier M.ª López Cuñat*

Medidas de 325 estrellas dobles visuales | 94

por *Marcel Fay*

Medidas de posición relativa de estrellas dobles con CCD | 111

por *Isabel Irazu Paz*

Revisión del sistema HLM 43 | 118

por *Miguel Gómez, Mario Gómez, Sorin Constantin, Raúl A. Rodríguez y Gregorio Rosa*

TÉCNICAS

¿Cómo soy capaz de detectar el movimiento de Sirio B? | 128

por *Giuseppe Donatiello*

¿Cómo “hacer” estrellas dobles con gran diferencia de magnitud? | 132

por *Marcel Fay*

¿POR QUÉ...?

¿Por qué observo estrellas dobles? | 136

Firma invitada: *Gianluca Sordiglioni*

FUERA DE FOCO

¿Cuántas estrellas hay en la vecindad solar? | 138

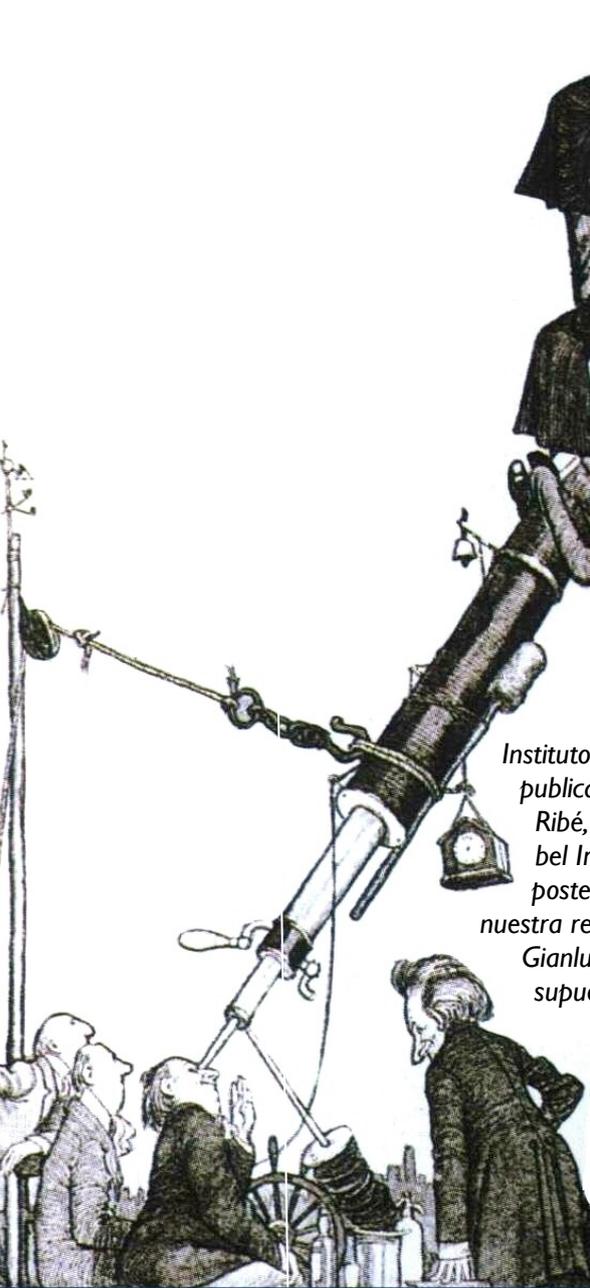
¿Cuántas estrellas hay en la Galaxia? | 140

Firmas invitadas: *O. Malkov y V. Surdin*

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 vengan corregidos ortografía y sintácticamente. No hay que dar formato al texto (sin columnas ni tipografía especial).
- 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 2016.



Iniciamos año con un nuevo número de **OED**, un regalo de Reyes que esperamos sea de vuestro agrado. Dentro de él hay una extensa crónica del “IV International Pro-Am Meeting on Binary and Multiple Star Systems” celebrado en Villanova i la Geltru (Barcelona) entre el 18 y el 20 de septiembre del año pasado. Un encuentro especial que reunió a lo más selecto de la gran familia de doblistas provenientes de cualquier parte del mundo. En estos encuentros, aparte de su contenido formativo y científico, se estrechan lazos y amistades que duran toda la vida, además de que nacen proyectos y futuras colaboraciones en multitud de proyectos que siempre son muy especiales. Uno de los mejores ejemplos lo tenemos en este mismo número, ya que en dicho encuentro se fragó una colaboración tan especial como la que traemos en la sección Fuera de foco. Es todo un honor contar en nuestras páginas con profesionales de la talla de Oleg Malkov y Vladimir Surdin, ambos reputados astrónomos procedentes de Moscú.

Además, contamos con trabajos de primer nivel, como las espectaculares capturas de Sirio B por parte de Giuseppe Donatiello y la técnica de Marcel Fay para capturar y medir parejas con una amplia diferencia de magnitud. También presentamos artículos de investigación dignos de cualquier publicación profesional, como el firmado por Francisco Rica y Juan-Luis González Carballo y por el equipo del grupo de Astronomía del Instituto de Educación Secundaria Juan Gris de Móstoles (Madrid). Incluimos, como siempre, publicaciones con medidas de colaboradores habituales como Margarita Granado, Lluís Ribé, Javier M. López Cuñat, Marcel Fay y Rafael Benavides y muy especialmente de Isabel Irazu, estudiante de Grado en Matemáticas en la Universidad de Santiago de Compostela, que como parte de su Trabajo Fin de Grado tiene una colaboración destacada en nuestra revista. En *¿Por qué observo Estrellas Dobles?* nuestro amigo y colaborador habitual Gianluca Sordiglioni nos desvela sus inicios e inquietudes en este maravilloso campo. Y, por supuesto, no podían faltar todas las noticias de actualidad por parte de Francisco Rica.

Esperamos que todo este contenido sea de vuestro agrado y disfrutéis con su lectura. Y como siempre, queremos daros las gracias por la confianza que siempre depositáis en nosotros. ©

¡¡Feliz año 2016!!

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, Óscar 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 Ferra, Faustino García, Javier M. López Cuñat, Roberto Vasconi, Julio Castellano, W. Hartkopf, Luis Lahuerta, Salvador Lahuerta, José Antonio Caballero, Joerg Schlimmer, Mark Kidger, Gianni Galli, Manuel J. del Valle, Fco. Gutiérrez Turpin, Oleg Malkov, Vladimir Surdin, Giuseppe Donatiello, Marcel Fay

con el apoyo de

EL INUSUAL SISTEMA CUÁDRUPLE HD 91962

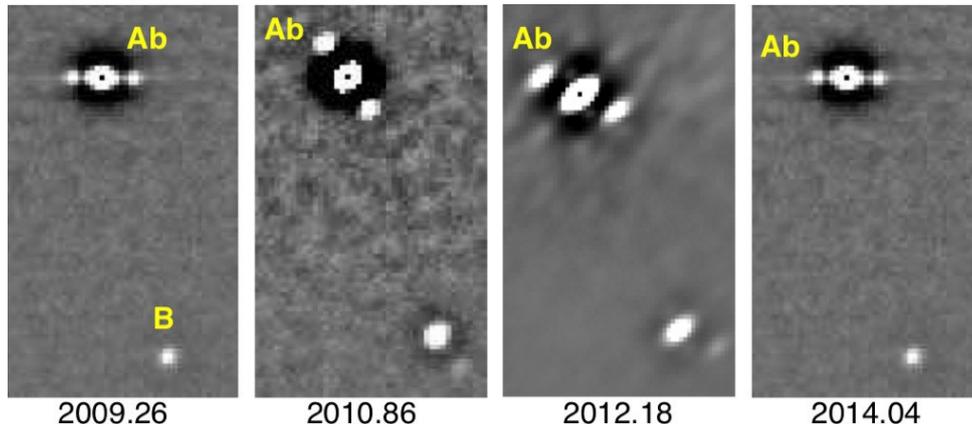


Figura 1. Fragmentos de la función de autocorrelación speckle mostrando el sistema triple HD 91962 resuelto. Norte arriba y Este a la izquierda. Crédito: <https://arxiv.wordpress.com/2015/04/27/the-unusual-quadruple-system-hd-91962-with-a-planetary-architecture-ssa/>

La cercana y joven estrella solar HD 91962 (figura 1) es un raro sistema cuádruple donde tres compañeras rotan alrededor de la componente principal con periodos de 170,3 días, 8,85 años y 205 años. Las dos órbitas externas son coplanares, y todas las órbitas tienen pequeñas excentricidades. Los astrónomos Andrei Tokovinin, David Latham y Brian Mason refinaron la órbita visual del par exterior y determinaron la órbita espectro-interferométrica del par interior con periodo de 8,8 años. Las órbitas medidas internas están bloqueadas con una resonancia de 1:19 y la relación de los periodos de las órbitas media y externa es de 23 aproximadamente. Los astrónomos calcularon las masas de todas las componentes (1,14, 0,32, 0,64 y 0,64 masas solares). La paralaje dinámica es de $0,0274 \pm 0,0006$ segundos de arco.

Los astrónomos especulan que este sistema múltiple fue originado por un colapso de un núcleo aislado y que las compañeras migraron en un disco disipativo. [Tokovinin A., Lathan D. W.; Mason B., junio 2015, AJ, 149, 195T]

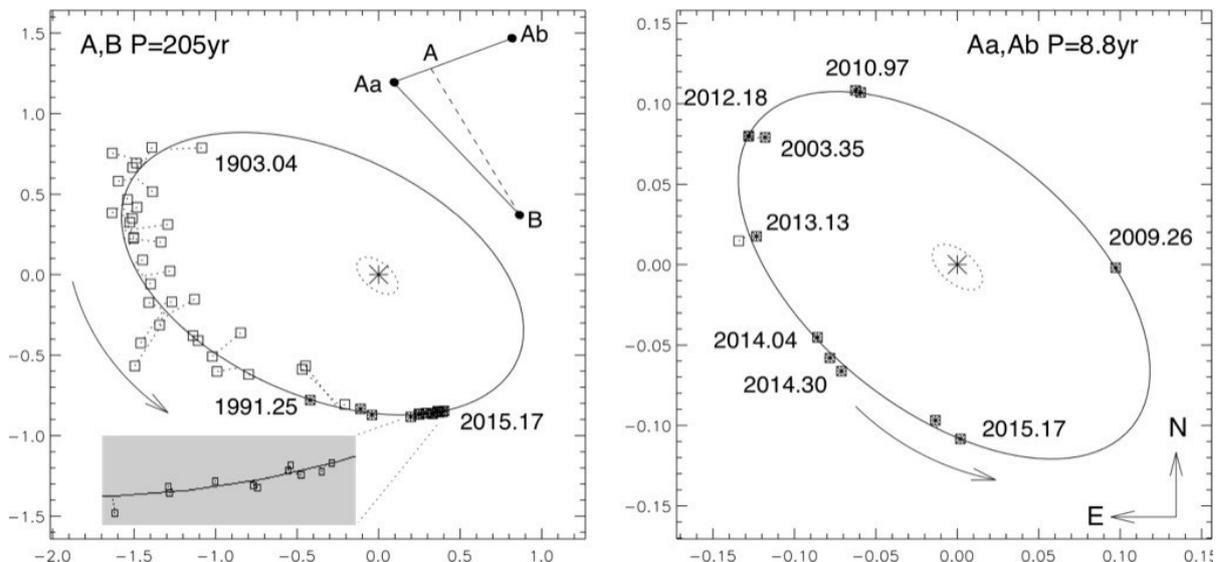


Figura 2. Órbita visual del sistema externo AB (izquierda) y el sistema medio Aa, Ab (izquierda) de HD 91962. La escala es en segundos de arco. Las elipses pequeñas de puntos muestra las órbitas internas a escala (Aa1, Aa2 se asume que es coplanar con Aa, Ab). Crédito: <https://arxiv.wordpress.com/2015/04/27/the-unusual-quadruple-system-hd-91962-with-a-planetary-architecture-ssa/>

Búsqueda de compañeras estelares o subestelares de estrellas con exoplanetas

Los astrónomos M. Mugrauer y C. Ginski (ambos del Instituto de Astrofísica y Observatorio de la Universidad de Jena, Alemania) han presentado el resultado de su estudio con imágenes de alto contraste para buscar compañeras estelares y subestelares cercanas a estrellas con exoplanetas. Este estudio se llevó a cabo usando la cámara de óptica adaptativa NACO en el Very Large Telescope (VLT) en el Observatorio Paranal de la ESO, en Chile. En total observaron, en banda infrarroja Ks, 33

estrellas que albergan exoplanetas. Encontraron nuevas compañeras de comovimiento próximas a las estrellas HD 9578, HD 96167 y HD 142245. Las nuevas compañeras detectadas tienen masas entre las 0,21 y las 0,56 masas solares y están situadas a separaciones proyectadas de sus primarias entre los 190 y los 510 ua. En el caso de HD 142245, los astrónomos encontraron evidencias de que la compañera detectada es actualmente una binaria cerrada con una separación proyectada de 4 ua, por tanto, HD 142245 podría ser un sistema triple jerárquico. Con estas observaciones se puede descartar que existan nuevas compañeras estelares con separaciones proyectadas entre los 30 y 370 ua [Mugrauer, M.; Ginski, C., julio 2015, MNRAS, 450, 3127]

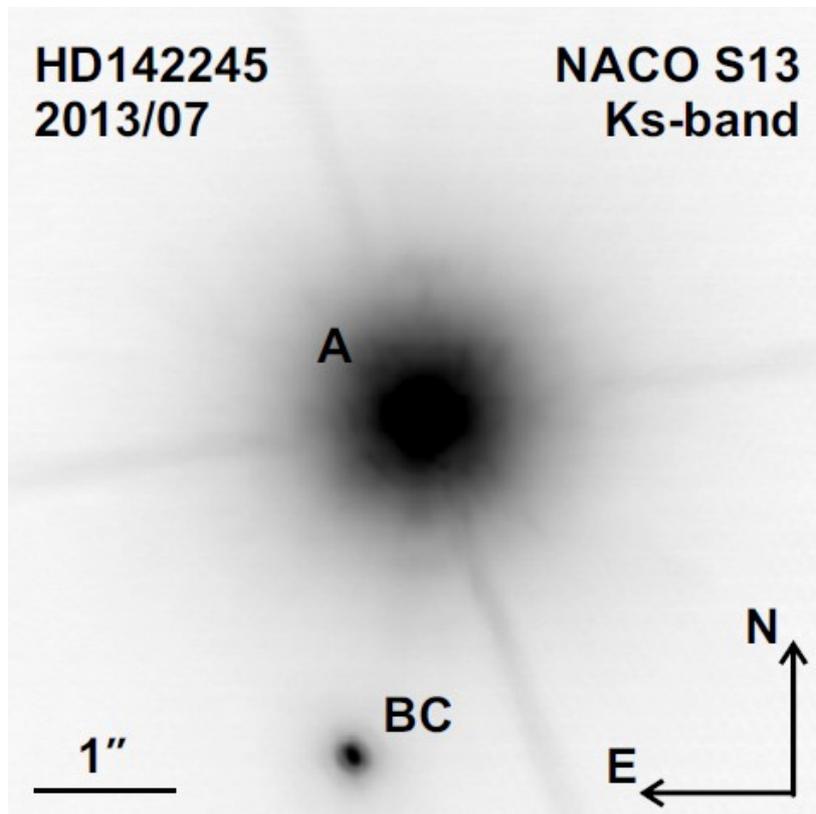


Figura 3. Imagen de la estrella HD 142245, tomada con el instrumento NACO del VLT el 24/07/2013 en banda Ks, junto con las nuevas compañeras estelares BC (a 2,5", 274 ua), ha sido estudiada recientemente, junto con otras estrellas, por un equipo de astrofísicos liderado por Markus Mugrauer. (Imagen reproducida con permiso del autor principal).

DE0823-49 es una juvenil binaria enana marrón a 20,7 parsecs

La monitorización astrométrica de la enana L llamada DE0823-49 ha revelado una compañera de baja masa en una órbita de 248 días que fue anunciada en un trabajo anterior. Un equipo liderado por J. Sahlmann (Agencia Espacial Europea), entre los que se encuentra los astrónomos D. Queloz (Observatorio de la Universidad de Ginebra, Suiza, y Universidad de Cambridge, Reino Unido) y M. Mayor (Observatorio de la Universidad de Ginebra, Suiza) entre otros, ha presentado nuevas observaciones astrométricas y espectroscópicas que permiten caracterizar al sistema en detalle. El espectro óptico da evidencias de edad joven y una masa subestelar para la componente primaria. El espectro infrarrojo se corresponde con una binaria de enanas marrones de tipos espectrales L1,5 + L5,5 y temperaturas efectivas 2150 ± 100 K y 1670 ± 140 K. Las evidencias de la órbita fotocéntrica y los conocimientos de evolución subestelar, indican que el sistema podría tener una edad de entre 80 y 500 millones de años. Modelos evolucionarios predicen una masa entre 0,03-0,06 masas solares para la primaria y 0,02-0,05 masas solares para la secundaria. Las múltiples medidas de velocidad radial establecen sin ambigüedad la órbita tridimensional del sistema y permiten investigar sus propiedades cinemáticas. DE0823-49 surge como un raro ejemplo de binaria enana marrón cercana, con órbita y propiedades y edad de las componentes bien conocidas. No parece pertenecer a ninguna asociación joven o grupo estelar [Mayor, M.; Ségransan, D.; Queloz, D.; Udry, S., 2015A&A...579A..61S].

INTERFEROMETRÍA SPECKLE DESDE EL TELESCOPIO SOAR

Un grupo de conocidos astrónomos (Andrei Tokovinin, Brian Mason, William Hartkopf y Elliot Horch, entre otros) ha presentado los resultados obtenidos en 2014 mediante interferometría speckle desde el telescopio SOAR (Southern Astrophysical Research Telescope). En total tomaron 1641 observaciones (1636 mediciones de 1218 sistemas estelares y 557 no resoluciones de 441 objetos). De los pares observados, 56 de ellos fueron resueltos por primera vez incluyendo algunas binarias espectroscópicas y 10 nuevos subsistemas en binarias visuales previamente conocidas.

La calibración de los datos se realizó utilizando los ajustes lineales a las posiciones de 41 binarias separadas observadas con el mismo telescopio durante varios años. La precisión típica de la calibración es de $0,1^\circ$ en ángulo y $0,3\%$ en la escala de la placa, mientras que los errores en las medidas son del orden de $0,003''$. Los nuevos datos son usados por estos astrónomos para calcular 194 órbitas de estrellas binarias, 148 de las cuales son mejoras de las órbitas anteriores y 46 son primeras órbitas para sus binarias [Tokovinin, Andrei; Mason, Brian D.; Hartkopf, William I.; Mendez, Rene A.; Horch, Elliott P., agosto, 2015, AJ, 150, 50T].



Figura 4. Telescopio SOAR (Southern Astrophysical Research Telescope).

SLOWPOKES-II: 100.000 BINARIAS SEPARADAS IDENTIFICADAS SIN MOVIMIENTO PROPIO EN EL CATÁLOGO SLOAN

Un grupo de astrónomos norteamericanos ha presentado el catálogo Sloan Low-mass Wide Pairs of Kinematically Equivalent Stars (SLoWPoKES)-II (algo así como, "Pares del Sloan separados y de baja masa con estrellas cinemáticamente equivalentes"). Las nuevas binarias fueron identificadas buscando en el Sloan Digital Sky Survey (SDSS) mediante el cálculo de las distancias fotométricas comunes. Los pares candidatos fueron rechazados comparando la información estelar y la densidad estelar en sus posiciones galácticas. De esta forma los astrónomos fueron capaces de identificar una gran cantidad de auténticas binarias separadas sin la necesidad de movimientos propios. De hecho, nada más y nada menos que 105537 binarias visuales con separaciones angulares entre $1-20''$ fueron identificadas. Todas tienen una probabilidad de ser una alineación ocasional menor del 5%. Este es el mayor catálogo de auténticas binarias separadas a día de hoy. Contiene una gran diversidad de sistemas que debería facilitar subsiguientes estudios para caracterizar las propiedades de enanas M y enanas blancas. Hay unas 147 binarias con estrellas enanas M7 o más tardías. El catálogo SLoWPoKES-II está a disposición de la comunidad científica a través de la web mediante el portal de visualización de datos Filtergraph (<https://filtergraph.com/slowpokes>). [Dhital, Saurav; West, Andrew A.; Stassun, Keivan G.; Schluns, Kyle J.; Massey, Angela P., agosto 2015, AJ, 150, 18]

OBSERVACIONES DE SISTEMAS ESTELARES MÚLTIPLES DE TIPO SOLAR

Un equipo compuesto por conocidos astrónomos (Lewis C. Roberts, Andrei Tokovinin, Brian Mason, William Hartkopf y Reed L. Riddle) ha observado 20 sistemas estelares múltiples con primarias de tipo solar, utilizando el telescopio Hale de 5 metros y el sistema de óptica adaptativa PALM-3000. El objetivo de estas observaciones es complementar el conocimiento de los sistemas múltiples jerárquicos en la vecindad solar. La naturaleza física de la mayoría (sino todos) de los nuevos pares fue confirmada mediante la fotometría en banda Ks y nuevas medidas astrométricas. Además, los astrónomos desdoblaron por primera vez cinco subsistemas cerrados: la binaria astrométrica conocida en HIP 17129 AB, compañeras de las componentes primarias HIP 33555 y HIP 118213, y la compañera de las componentes secundarias en HIP 25300 y HIP 101430. Los astrónomos colocaron componentes sobre el diagrama color-magnitud y discutieron cada sistema múltiple de forma individual. [Roberts, L. C. *et al.*, octubre 2015, AJ, 150, 130R].



MASAS DINÁMICAS DE ENANAS M JÓVENES. I. MASAS Y PARÁMETROS ORBITALES DE GJ 3305 AB, LA COMPAÑERA SEPARADA DEL SISTEMA PLANETARIO 51 ERI

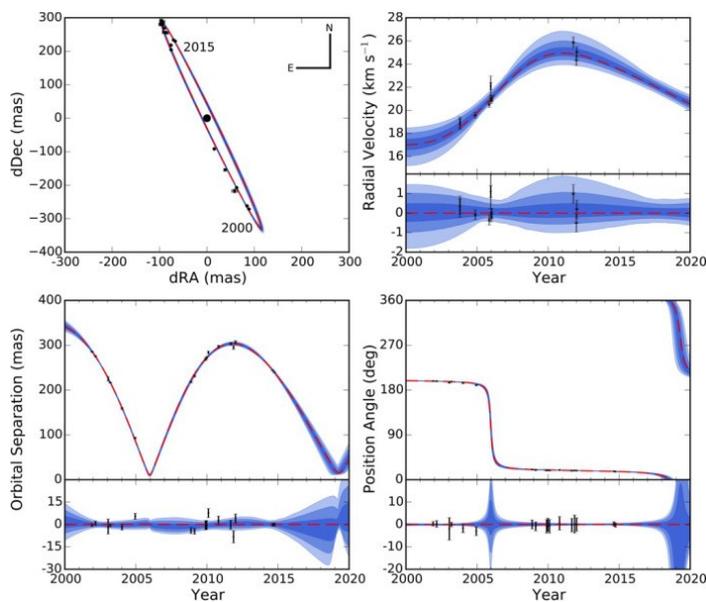


Figura 5. Velocidad orbital de GJ 3305 AB, una joven binaria de enanas M, estudiada recientemente. Crédito: <https://arxiv.wordpress.com/2015/08/26/dynamical-masses-of-young-m-dwarfs-i-masses-and-orbital-parameters-of-gj-3305-ab-the-wide-binary-companion-to-the-imaged-exoplanet-host-51-eri-ssa/>

Un grupo de astrónomos combinó nuevas imágenes de alta resolución y espectroscopía de varios telescopios e instrumentos (Keck/NIRC2, Discovery Channel Telescope/DSSI y Keck/HIRES) con datos de astrometría y velocidad radial ya publicadas para medir las masas individuales y elementos orbitales del sistema GJ 3305 AB (una joven binaria de 20 millones de años de edad formada por estrellas M, miembros del grupo de movimiento estelar β Pictoris) con el sistema planetario 51 Eri. Los astrónomos midieron una masa total de $1,10 \pm 0,04$ masas solares, un periodo orbital de $29,16 \pm 0,65$ años, un semieje mayor de $9,80 \pm 0,15$ ua, y una excentricidad de $0,19 \pm 0,02$. Las masas dinámicas de las estrellas componentes son $0,65 \pm 0,05$ y $0,44 \pm 0,05$ masas solares para la primaria y secundaria, respectivamente. Basados sobre la arquitectura observada y las medidas de las masas dinámicas, es improbable que la órbita del planeta 51 Eri b haya sido significativamente alterada por el mecanismo Kozai-Lidov. [Montet, B. T., agosto, 2015arXiv150805945M].

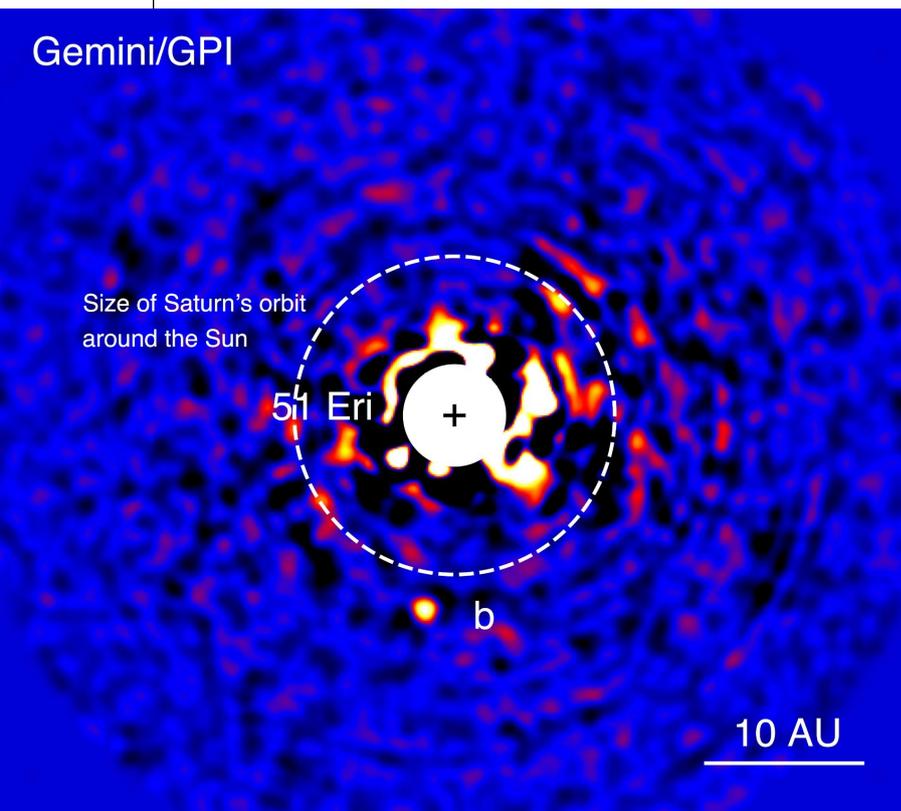
ALCANZANDO EL LÍMITE ENTRE GRUPO CINEMÁTICO ESTELAR Y BINARIAS MUY SEPARADAS. III. 16 NUEVAS ESTRELLAS Y 8 NUEVOS SISTEMAS SEPARADOS EN EL GRUPO DE MOVIMIENTO β PIC

Un grupo de astrónomos españoles compuesto por F. J. Alonso Floriano, M. Corté Contreras y David Montes, ambos del Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera (Universidad Complutense de Madrid), José Antonio Caballero (Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)), y Enrique Solano (Centro de Astrobiología y Observatorio Virtual Español), ha buscado compañeras de movimiento propio común de estrellas del cercano y joven grupo de movimiento β Pic. Para ello compilaron una lista de 185 miembros de β Pic y candidatos a ser miembros, procedentes de 35 trabajos representativos. A continuación utilizaron las herramientas Aladin y STILTS, ambas del observatorio virtual, y los catálogos PPMXL y el *Washington Double Star Catalog* (WDS) para buscar candidatas a compañeras. Las potenciales compañeras fueron sujetas a un seguimiento astro-fotométrico dedicado, usando datos públicos de *surveys* de todo el cielo. Después de descartar a 67 fuentes por su movimiento propio y 31 mediante diagramas de color-magnitud, los astrónomos obtuvieron una lista final de 36 sistemas de movimiento propio común. Según los autores del trabajo, la energía de unión de dos de ellas quizá sea demasiado pequeña para ser consideradas físicamente unidas. De estos 36 sistemas, 8 son nuevos, 16 tienen solo una componente estelar clasificada anteriormente como miembro de β Pic y 3 sistemas tienen secundarias en el límite (o por debajo de él) de la quema de hidrógeno. En este trabajo, 16 estrellas han sido presentadas por primera vez como miembros de β Pic. El inesperado gran número de sistemas de alta multiplicidad, 12 triples y 2 cuádruples entre 36 sistemas, puede sugerir una lista de miembros sesgada hacia binarias cerradas o un incremento de la fracción de multiplicidad de alto orden para sistemas muy separados. [Alonso-Floriano, F. J. *et al.*, agosto 2015, 2015arXiv150806929A].



Figura 6. ALADIN y STILTS, dos de las herramientas utilizadas por el equipo de astrónomos liderado por F. J. Alonso Floriano, para la investigación de sistemas estelares en el grupo de movimiento β Pic.

Gemini/GPI



Size of Saturn's orbit
around the Sun

51 Eri

b

10 AU

Figura 7. El planeta 51 Eri b, alrededor de la estrella 51 Eri observado con el instrumento Gemini Planet Imager. Crédito: <http://www.sci-news.com/astronomy/science-51eridani-b-jupiter-like-exoplanet-03129.html>.

cual es una compañera muy separada y físicamente unida a 51 Eridani. [De Rosa, Robert J. et al., trabajo enviado para su publicación en *ApJ Letters*, 2015arXiv150907514D, septiembre 2015].

Confirmación astrométrica y parámetros orbitales preliminares del joven planeta 51 Eridani b

Un equipo de astrónomos ha presentado nuevas observaciones del joven exoplaneta 51 Eridani b usando el instrumento Gemini Planet Imager. Estas observaciones proporcionaron evidencias de la relación física entre el planeta y la estrella 51 Eri. Combinando estas nuevas medidas astrométricas con las informadas en la literatura, los astrónomos redujeron de forma importante la probabilidad de estar ante una enana de tipo T no relacionada físicamente con 51 Eri a 10^{-7} , un orden de magnitud más bajo que el valor publicado anteriormente.

Si 51 Eridani b está relacionado físicamente, entonces los astrónomos han detectado movimiento orbital del planeta entre la época del descubrimiento y su última observación. Para limitar los posibles parámetros orbitales, han utilizado una técnica Monte Carlo altamente eficiente. El conjunto actual de medidas astrométricas sugiere un semieje mayor de unas 14 ua con un periodo aproximado de unos 41 años (asumiendo una masa de 1,75 masas solares para la estrella) y una inclinación de unos 138 grados. El resto de parámetros apenas son limitados por las mediciones. Estos valores preliminares sugieren una órbita que no comparte la misma inclinación que la órbita de la binaria de enanas M distante, GJ 3305, la

DESCUBRIMIENTO DE UNA COMPAÑERA DE BAJA MASA ALREDEDOR DE LA ESTRELLA HR3549

Un grupo de astrónomos ha informado de una compañera de baja masa de la estrella HR3549, una estrella A0V rodeada de disco de material con un exceso infrarrojo detectado con los datos del WISE. En enero de 2014 los astrónomos obtuvieron imágenes de la componente B en banda L con la cámara de óptica adaptativa NAOS-CONICA, del telescopio VLT. En enero de 2015 se confirmó su movimiento propio común. Esta nueva compañera está a una separación física proyectada de unas 80 ua y muestra un ángulo de posición de unos 157° ; por tanto, está orbitando más allá del borde interior del disco de material. Su estimación de la edad para este sistema se corresponde con una masa, para la compañera, entre 15-80 masas de Júpiter. Por tanto, HR 3549 B es otro reciente objeto añadido a la creciente lista de enanas marrones en la zona de "desierto" con relaciones de masa extremas. La presencia simultánea de un disco de material templado y una enana marrón, proporciona límites empíricos interesantes sobre los modelos de formación de compañeras subestelares. [Octubre 2015, Mawet D. et al, 2015, *ApJ*, 811, 103M].

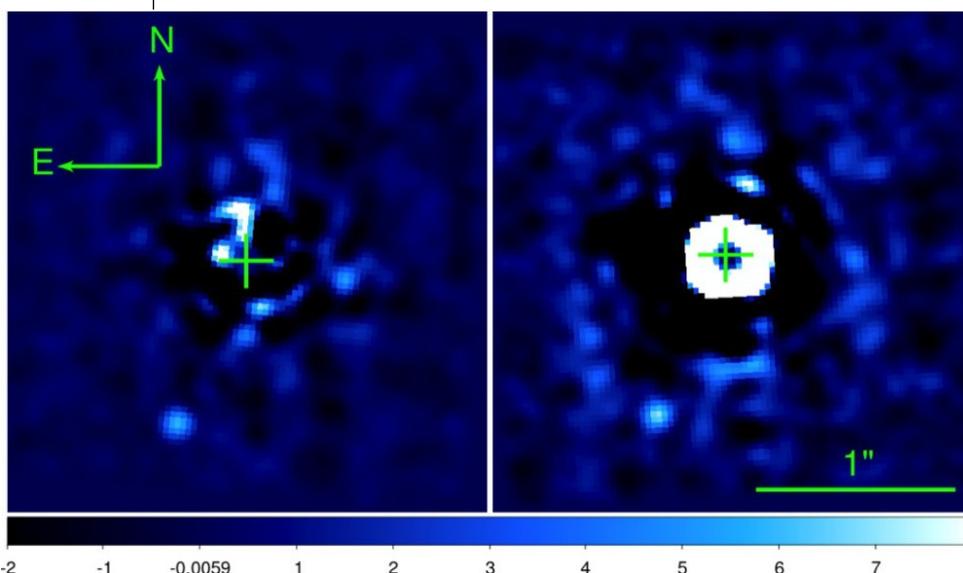
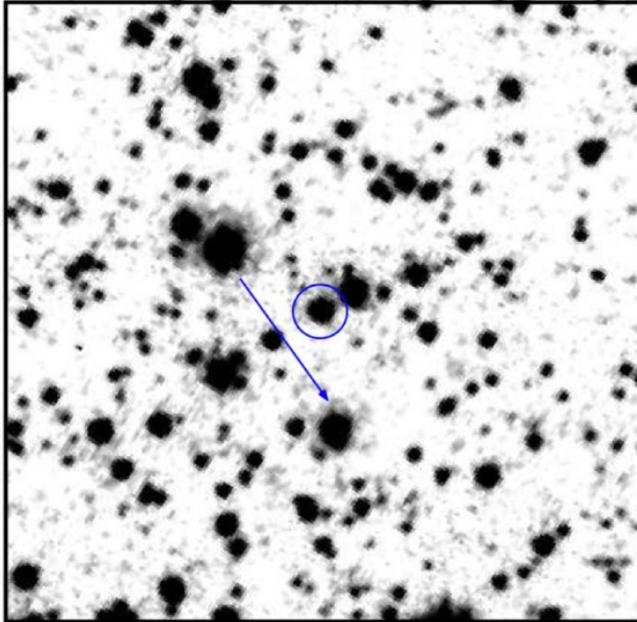


Figura 8. Imagen del descubrimiento de la compañera de baja masa de la estrella HR3549 (en el centro de la imagen), tomada en enero de 2013. A la derecha, imagen tomada dos años después, confirmando por movimiento propio común, la relación física de la nueva compañera con la brillante estrella. Crédito:

<https://arxiv.wordpress.com/2015/09/21/discovery-of-a-low-mass-companion-around-hr3549-epa/>

DESCUBRIMIENTO DE UNA COMPAÑERA ENANA MARRÓN DE LA ESTRELLA BETA CIRCINI



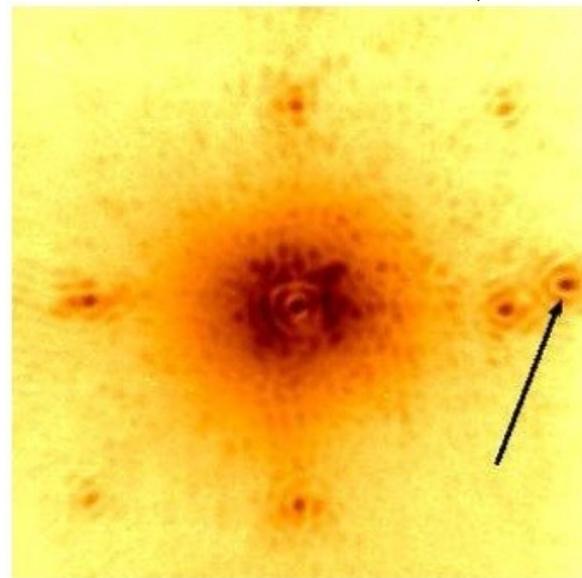
Un grupo de astrónomos ha informado del descubrimiento de una enana marrón de tipo L, compañera de la estrella β Circini, de tipo A3V. La nueva componente fue identificada en el catálogo de movimientos propios y paralaje *Vista Variable in the Vía Láctea* (Variables del catálogo Vista en la Vía Láctea) como un objeto con colores y luminosidad infrarroja consistente con una enana L temprana. Además, su movimiento propio y paralaje eran consistentes con el de su brillante compañera β Circini. La separación angular de 3,6 minutos de arco corresponde con 6656 ua, la cual es inusualmente separada. Las más recientes estimaciones publicadas para la edad de β Circini, combinadas con nuestra propia estimación basada en nuevas isócronas, conducen a una edad de unos 370-500 millones de años. Este sistema sirve, por tanto, como una referencia útil en una edad mayor que la de las estrellas enanas marrones del cúmulo de las Pléyades y otras enanas marrones también usadas como referencia. [Smith L. C. et al., septiembre 2015, MNRAS, 454, 4476].

Figura 9. Imagen de $1' \times 1'$ en banda Ks obtenida por VVV, donde aparece la compañera enana marrón de β Circini. La flecha indica la dirección del movimiento (norte arriba y este a la izquierda). Crédito: <https://arxiv.org/abs/2015.10.01/10.01/discovery-of-a-brown-dwarf-companion-to-the-a3v-star-circini-ssa/>

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPAÑERA ESTELAR DEL SISTEMA PLANETARIO HD 177830

HD 177830 es una estrella evolucionada de tipo K0IV (subgigante) con dos exoplanetas orbitando a su alrededor. Además de las compañeras planetarias, tiene una compañera estelar de tipo tardío que fue descubierta mediante óptica adaptativa. Un numeroso equipo de astrónomos de Estados Unidos principalmente, entre los que se encuentra Robert Lewis Jr., observó este sistema binario con la cámara PHARO en el infrarrojo cercano y el coronógrafo Project 1640 (figura 10). Usando el coronógrafo y un espectrógrafo, obtuvieron un espectro de la nueva compañera estelar. Esto permitió al equipo de astrónomos determinar que el tipo espectral de la compañera es $M4V \pm 1$. Usando los dos instrumentos citados anteriormente, midieron la astrometría del sistema binario. Combinando estos datos con los existentes en la literatura astronómica, determinaron que la estrella binaria tiene un periodo probable de 800 años con un semieje mayor de 100-200 ua. Esto implica que la compañera estelar ha tenido poco o ningún impacto sobre la dinámica de los exoplanetas. Un seguimiento de la astrometría del sistema es bastante aconsejable, pero debido al lento movimiento del sistema, estas observaciones astrométricas pueden hacerse cada 5-10 años. [Robert, L. C. et al., octubre 2015, AJ, 150, 103].

Figura 10. Imagen de la estrella HD 177830 y su nueva compañera (marcada con una flecha) obtenida con el coronógrafo P1640. El campo de visión es de $4''$. Imagen reproducida con permiso del autor principal.



EL ESTUDIO DE EXOPLANETAS LEECH: ÓRBITA Y MASAS DE LAS COMPONENTES DEL SISTEMA BINARIO NO UMA

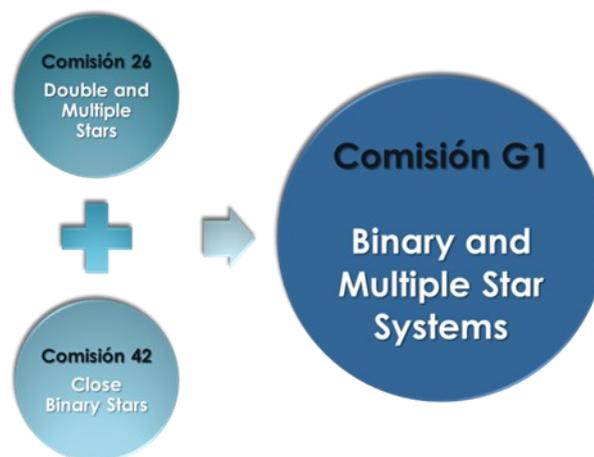
Un numeroso equipo de astrónomos de Estados Unidos y Europa, ha presentado imágenes de alta resolución de la binaria espectrocópica y astrométrica NO UMa. Las imágenes fueron obtenidas usando el Gran Telescopio Binocular y la cámara LMIRcam. Sus observaciones en bandas J, Ks y L han resuelto el sistema en una separación angular $< 0,09''$. En los siete meses de observación, las componentes ya muestran un claro movimiento orbital. Los astrónomos combinaron sus imágenes con imágenes de archivo, medidas speckle publicadas anteriormente y datos de velocidad radial existentes. De esta forma obtuvieron una solución orbital completa y estimaron las masas de las componentes estelares. Las masas para las componentes K2,0 y K6,5 son de $0,83 \pm 0,02$ y $0,64 \pm 0,02$ masas solares. También obtuvieron una distancia al sistema de $25,87 \pm 0,02$ pc y revisaron la cinemática galáctica de NO UMa, confirmando que es un miembro del núcleo del grupo de movimiento Osa Mayor, con unos 500 millones de años de edad. Las masas determinadas fueron comparadas con cinco modelos de evolución para la edad del grupo Osa Mayor. Los astrónomos encontraron un excelente acuerdo entre sus medidas de las masas y las predicciones de los modelos. [Schlieder, J. E. et al., octubre 2015, arXiv151003813S].



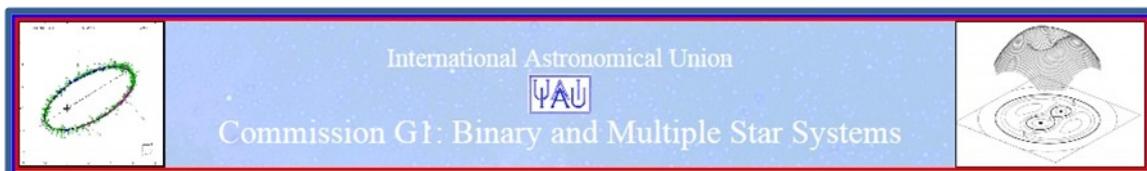
por Edgar Rubén Masa Martín
Miembro Asociado de la Comisión G1 de la UAI

FUNDACIÓN DE LA NUEVA COMISIÓN G1

Es un placer comunicar que la Comisión G1 (Sistemas estelares binarios y múltiples) de la UAI es ya una realidad. En la XXIX Asamblea General de la UAI que se celebró el mes de agosto de 2015 en Hawái se hizo oficial y se formalizó la fundación de la nueva Comisión como fruto de la fusión de la Comisión 26 (Estrellas dobles y múltiples) y de la Comisión 42 (Estrellas binarias cerradas) entrando a formar parte de la División G (Estrellas y Física Estelar).



<http://ad.usno.navy.mil/wds/bs1/>

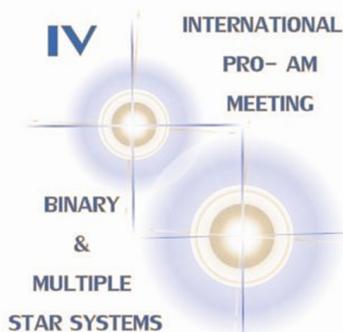


La Circular Informativa de la Comisión G1 será editada por el mismo equipo que desde hace años venía publicando la circular de la extinta Comisión 26. Nos referimos a José A. Docobo y a Josefina F. Ling, astrónomos pertenecientes al Observatorio Astronómico Ramón María Aller de la Universidad de Santiago de Compostela. Se continuará con la numeración anterior y ya ha sido publicada la primera circular de la nueva época (IAUDS número 187, octubre, 2015), de la que incluimos una captura de la cabecera a modo testimonial.

INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION COMMISSION G1 (BINARY AND MULTIPLE STAR SYSTEMS)
INFORMATION CIRCULAR No. 187 (OCTOBER 2015)

NEW ORBITS

ADS RA 2000 DEC	Name n (deg)	P (yr) a (")	T i (deg)	e w (deg)	W(2000) Last ob.	2015 2016	Author	
9 00028+0208	BU 281AB 0.3223	1117. 3.140	2077.5 108.5	0.639 55.7	149.9 2014.8561	160.2 159.9	1.560 1.558	LING



Durante los días 18-20 del mes de septiembre de 2015 asistimos en Vilanova i la Geltrú, Barcelona, al **IV International Pro-Am Meeting on Double and Multiple Star Systems**. El primero de estos encuentros se celebró en Castelldefels en el año 2000, cuando empezábamos a adentrarnos en este maravilloso campo observacional y al que tuvimos el honor de asistir, el segundo fue en 2010 en la sede de la Agrupación Astronómica de Sabadell y dos años después se celebró el tercero en Rodez (Francia).

Antes de iniciar el recorrido por las increíbles vivencias de aquel fin de semana quisieramos felicitar efusivamente al Comité Organizador Local –nuestros compañeros del **Observatori Astronòmic del Garraf (OAG)**- y a Félix Ruiz, responsable del Campus Universitari de la Mediterrani. En estos días se ha recogido el fruto del gran esfuerzo realizado por **Tòfol Tobal**, **Xavier Miret** e **Ignacio Novalbos** durante el último año previo al congreso. Su buen hacer ha permitido que nos hayamos sentido como en casa. Si el aspecto organizativo ha sido sobresaliente (todo ha estado a punto en tiempo y forma), no menor calificación hay que otorgar en lo relativo al lado humano y de las relaciones; hemos disfrutado de unos anfitriones de verdadero lujo. Al mismo tiempo, no quisiera dejar de valorar el trabajo del equipo de soporte en las magníficas instalaciones del **Neàpolis Building** (figura 1), sede del congreso: las guapísimas Paula, Lidia, Isabel, Irene y Vicki, quienes pusieron todo su empeño para que no nos faltara de nada, estando permanentemente a nuestro servicio. Nunca olvidaremos los desvelos de Isabel buscándonos por todo el complejo para que eligiéramos (siempre al límite del plazo establecido) los menús de las comidas. Enhorabuena, pues, a todos por promover este encuentro y hacerlo realidad con el más alto nivel de calidad.

IV INTERNATIONAL PRO-AM MEETING BINARY & MULTIPLE STAR SYSTEMS

*Vilanova i la Geltrú
18-20 de septiembre de 2015*

Edgardo Rubén Masa Martín
Rafael Benavides Palencia

CRÓNICA DEL CONGRESO

SON YA BASTANTES LOS CONGRESOS a los que hemos asistido en estos últimos años. De todos y cada uno de ellos guardamos recuerdos valiosos y son numerosísimos los irrepetibles momentos que perdurarán en la memoria. Lo vivido en ese fin de semana, sin embargo, ocupará un lugar especial y destacado por siempre. Y es lógico que así sea: el encuentro ha reunido a casi 50 expertos en estrellas binarias llegados de todo el mundo y hemos disfrutado unas 40 intervenciones orales entre comunicaciones, ponencias y pósteres científicos. En concreto, los participantes procedían de Inglaterra, Francia, Italia, Alemania, República Checa, Holanda, Rusia, Estados Unidos, Argentina y España, siendo, por consiguiente, muy extensa la lista de instituciones profesionales y amateurs representadas: 38 en total.



Figura 1. Neàpolis Building, sede del congreso, en Vilanova i la Geltrú.

De igual modo, los temas tratados han sido muchos e interesantísimos y se distribuyeron en nueve grandes apartados: historia, bases de datos, órbitas, binarias visuales, herramientas de captura e interferometría speckle, binarias eclipsantes, ocultaciones, sistemas con exoplanetas y astrofísica.

Uno de los momentos favoritos en este tipo de eventos es el acto inaugural (figura 2). Todo está por comenzar, hay nervios, y a la vez, unas ganas locas de beberse los tres días siguientes sin respirar y sin parpadear. Se percibe una especie de avidez general por el devenir inmediato y las ansias hacen que los congresistas se tensen en las butacas a la espera de las presas multimedia magníficamente expuestas por no menos magníficos expertos investigadores. El acto de apertura en Vilanova estuvo presidido por la astrónoma **Josefina Ling**, del Observatorio de Santiago de Compostela, a la que acompañaron los miembros de Comité Organizador Local (**Tòfol Tobal** y **Ramón Sanromá**, traductor oficial del Meeting), la alcaldesa de la localidad, **Neus Lloveras**, y **Félix Ruiz**, director del Campus Universitari de la Mediterrani. Tras la bienvenida oficial y la presentación, se leyó un comunicado enviado desde Washington por **Brian Mason** y **Bill Hartkopf**, en el que los gestores del catálogo WDS enfatizaron el carácter Pro-Am del encuentro y la fuerte sinergia entre ambas comunidades de doblistas. La última frase de este texto servirá para dar crédito a nuestras palabras cuando se define a los doblistas amateurs como “financially uncompensated professional [astronomers]”. Hay que decir que durante todo el congreso Edgar hizo labores de corresponsal vía Twitter y Brian Mason siguió los tres días todas las informaciones con gran interés y con participación activa.



Figura 2. Acto inaugural.

La conferencia inaugural fue “Binary Stars in the IAU: past and new Commissions” y corrió a cargo de **Josefina F. Ling** (profesora e investigadora del departamento de Astronomía y Astrofísica de la Universidad de Santiago de Compostela). En ella nos habló de la historia de las estrellas dobles en el seno de la Unión Astronómica Internacional, donde se enmarcaban dentro de la Comisión 26, dedicada a las “Estrellas Dobles y Múltiples”, y la Comisión 42, centrada en las “Estrellas Binarias cerradas”. En el mes de agosto de 2015, en la XXIX Asamblea General de dicho organismo, celebrada en Hawái, se decidió fusionar ambas en la nueva Comisión G1 (http://ad.usno.navy.mil/wds/bs1/) llamada “Sistemas de Estrellas Binarias y Múltiples” (figura 3).

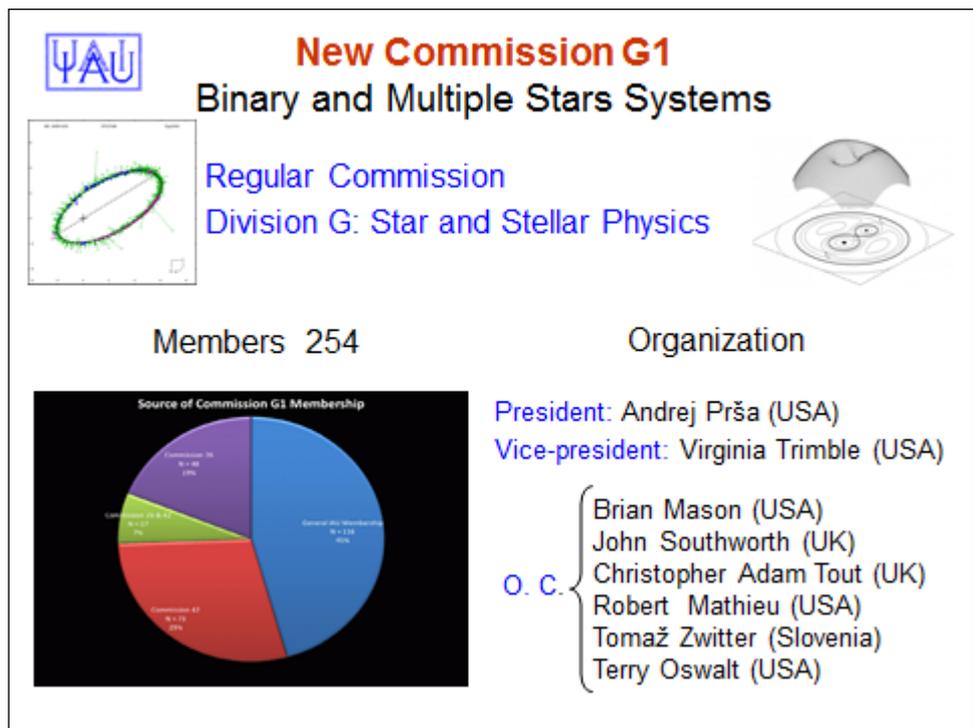


Figura 3. Nueva Comisión G1.

A continuación llegó el turno de **Edgar Soulié** (Comisión Estrellas Dobles de la Sociedad Astronómica Francesa). En ella nos presentó una emotiva charla centrada en Paul Couteau, Jean Dommanget y Guy Soulié, ambos eminentes doblistas fallecidos recientemente. Muchas fueron las notas biográficas y anécdotas sobre estos verdaderos gigantes que nunca podrán ser olvidados (figura 4).

IAU Colloquium at Nice in 1969 with P.Muller, G.Strand, P. van de Kamp, J.Sahade, S.Lippincott, J.C.Pecker, R. Jonckheere.



Figura 4. Paul Couteau en una reunión de la IAU celebrada en Niza de 1969 acompañado de otros gigantes en el mundo de las estrellas dobles.

Bob Argyle (Instituto de Astronomía de la Universidad de Cambridge) nos impartió una espectacular charla titulada “The life history of a double-star telescope”. En ella nos habló de la vida de un refractor de 20 cm de abertura encargado por W. R. Dawes y puesto en servicio en 1864. Después de muchos viajes y destinos, ha acabado en Cambridge y es actualmente usado por el mismo Argyle en sus observaciones de estrellas dobles (figura 5).

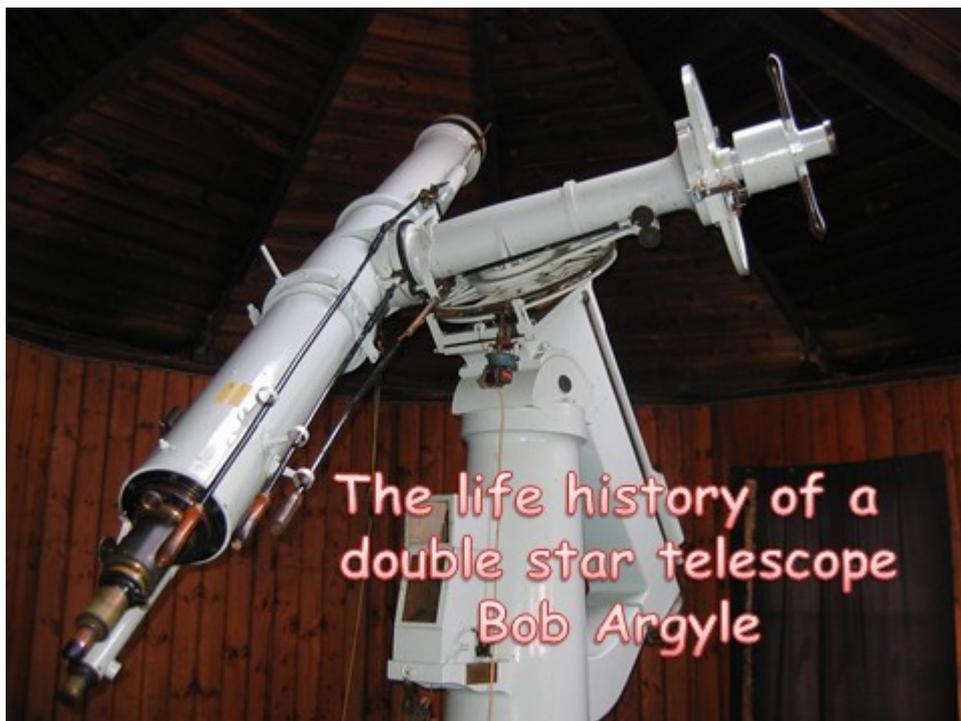


Figura 5. El gran refractor de 20 cm.

Así terminó el día inaugural porque desgraciadamente Daniel Bonneau no pudo asistir para impartir su charla programada.

El sábado empezábamos nosotros, tocaba el turno de presentar y hacer una puesta al día de la revista que tienes en las manos: El Observador de Estrellas Dobles (figura 6).



Figura 6. Portada de la presentación sobre El Observador de Estrellas Dobles.

Oleg Malkov (instituto de Astronomía de la Academia Rusa de las Ciencias) nos habló sobre la base de datos de Estrellas Dobles BDB <http://bdb.inasan.ru/>. En ella recopilan datos de una gran variedad de catálogos y se puede obtener información sobre sistemas visuales, orbitales, astrométricos, eclipsantes, espectroscópicos, etc. Ofrece datos de la posición, fotométricos, espectroscópicos, orbitales y astrofísicos, lo cual hace que sea una herramienta muy útil en nuestros trabajos de documentación e investigación (figura 7). Oleg continuó después con su segunda charla, titulada “Visual and Orbital Binaries: principal catalogues, selection effects and parameter distribution”.

BDB: result

out of the screen if you do not see background picture
[image](#)

Components:	IDs	mag	band	pmRA (mas/y)	pmDE (mas/y)	RA	DEC (J2000)
BSDB J000032.59+590239.6:c1	WDS 00005+5902A, MKJ 51, ST1079	13.9, 12.3	vis	5.0, 4.0	-2.0	00 00 32.59	+59 02 39.6
	CCDM 00005+5903A, IDS 23554N3829	13.9	V			00 00 32.6	+59 02 40.9
BSDB J000032.59+590239.6:c2	WDS 00005+5902B, ST1079	13.9	vis	6.0	0.0	00 00 34.137	+59 02 31.548
BSDB J000032.59+590239.6:c3	WDS 00005+5902C, MKJ 51	14.3	vis			00 00 32.266	+59 02 44.501

System: ST1079, BSDB J000032.59+590239.6:s, WDS 00005+5902

selected data

Pairs:	IDs	Theta (deg)	Rho (arcsec)	EType	OType	Epoch (year)
BSDB J000032.59+590239.6:p1.2	CCDM 00005+5903AB, IDS 23554N3829, ST1079	123.0	14.5	Detached	Visual	
	WDS 00005+5902AB, ST1079	124.0	14.4	Detached	Visual	
BSDB J000032.59+590239.6:p1.3	WDS 00005+5902AC, MKJ 51	333.0	5.5	Detached	Visual	

Figura 7. Interfaz de la página de resultados de la base de datos BDB.

Gianluca Sordiglioni nos presentó “Stelle Doppie” <http://stelledoppie.goaction.it/>, una aplicación desarrollada por él que trabaja sobre el WDS Catalog y permite realizar búsquedas, hacer filtrados y proporcionar información sobre sistemas dobles, proporcionándonos medidas y soluciones orbitales (en el caso de que exista una órbita calculada) que nos pueden resultar de gran utilidad al desarrollar nuestros propios programas observacionales (figura 8).

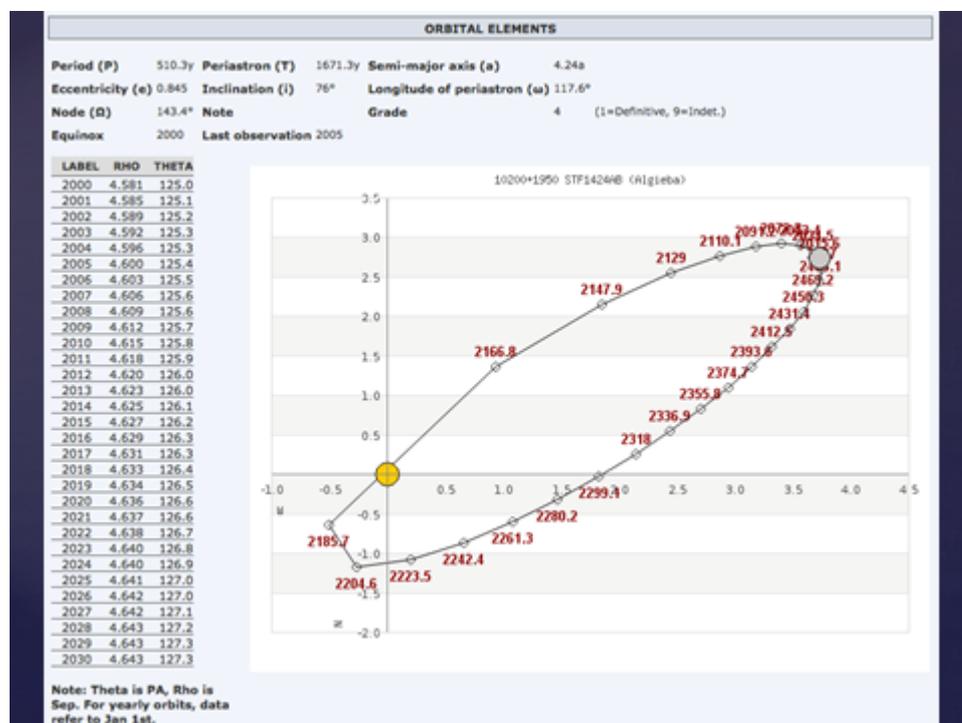


Figura 8. Interfaz de *Stelle Doppie* representando la órbita de Algieba (STF1424AB).

Joan Genebriera nos habló sobre el futuro amateur (en realidad presente) que no es otro que la espectroscopia estelar y su aplicación en las estrellas dobles. Presentó sus experiencias en la construcción del espectrógrafo y sus observaciones en el observatorio de Tacande, situado en la isla de La Palma. Realmente impresionante (figura 9).

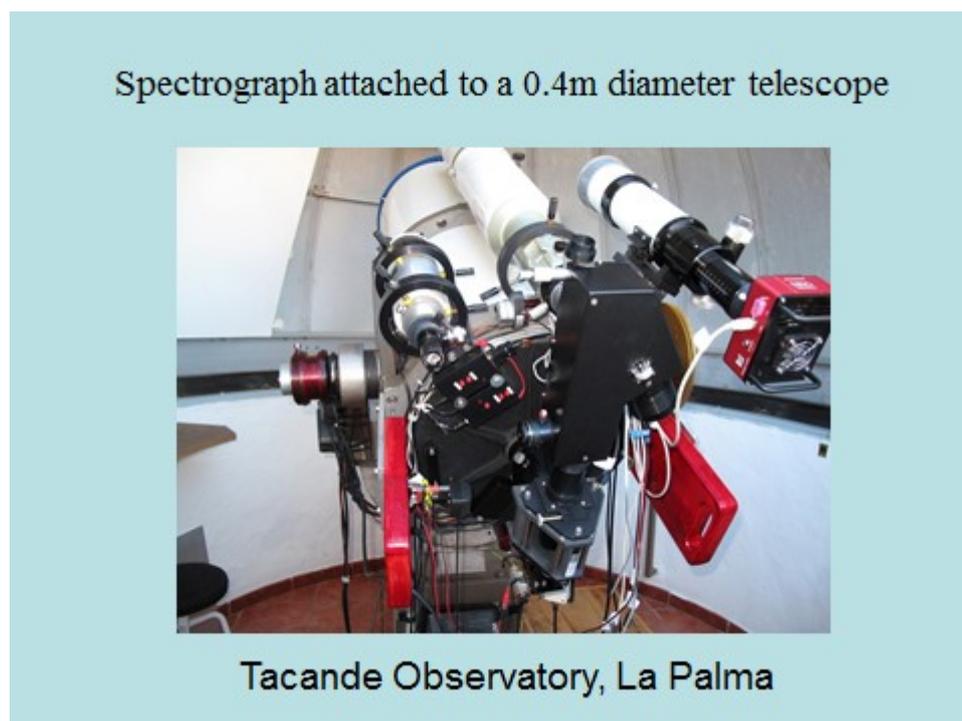


Figura 9. Espectrógrafo en el telescopio de 0,4 metros situado en el Observatorio de Tacande (La Palma).

Rafael Hernández (Universidad Politécnica de Madrid) nos impartió una interesantísima charla sobre el método Vidal-Abascal/Kinkerflues para el cálculo de órbitas en sistemas donde se ha observado un arco corto, basándose principalmente en la variación del ángulo de posición.

Núria Miret (Observatori Astronòmic del Garraf) continuó presentando Geogebra, una potente herramienta en el cálculo de órbitas de estrella dobles visuales. Es un impresionante método gráfico de cálculo de órbitas que se basa en el método de Vidal Abascal (figura 10).

Burnham 205 AB

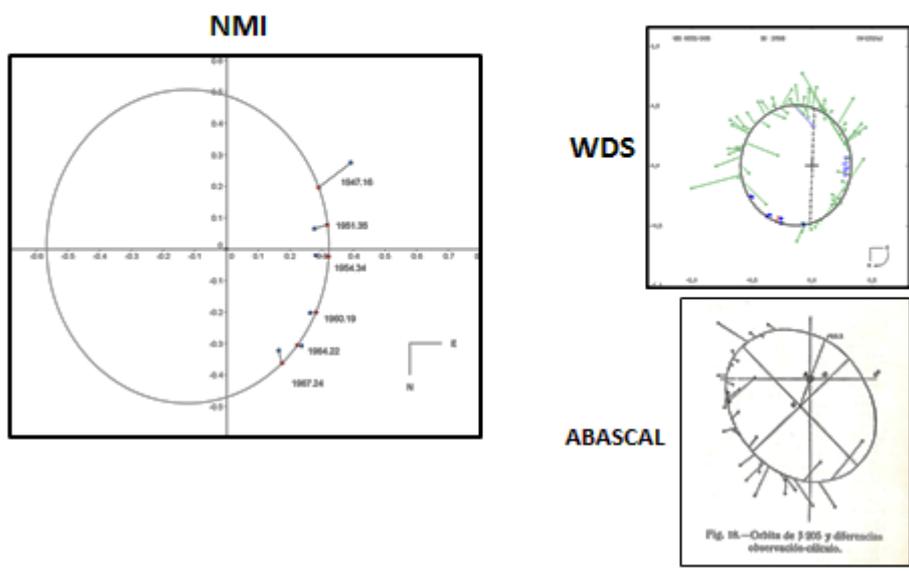


Figura 10. Ejemplo donde se compara el resultado de la órbita de la binaria Burnham 205 AB calculada por Núria (NMI) por medio de Geogebra frente a la actual disponible en el WDS Catalog. Impresionante.

Olga Kiyaveva y Natalia Shakht (Observatorio Astronómico de Pulkovo) nos hablaron de las investigaciones sobre parámetros dinámicos y astrométricos de estrellas binarias que se realizan con el refractor automatizado de 26 pulgadas de Pulkovo. Actualmente trabaja de forma automatizada y la comunidad científica dispone de aproximadamente 18.000 imágenes CCD y 13.000 fotografías de binarias separadas obtenidas con él. Para digitalizar las placas fotográficas se utiliza un dispositivo MDD adquirido recientemente. La precisión en las medidas obtenidas es realmente impresionante (figura 11).

History of visual double stars observations with 26-inch refractor (D = 65cm, F = 10413 mm, M = 19.81 "/mm)



- 1945-1954 – Pulkovo observatory was restored after destructions in the Second World War .
- 1956 – 26-inch Zeiss refractor was placed at Pulkovo observatory
- 1958 – 2007 – photographic observations of wide visual double stars, initiators – A.N.Deutch, then A.A.Kiselev.
- 2003 – till today – CCD observations



At present this old telescope can work as a modern one due to the automation.

Author of automation – I.S.Izmailov (i_izmailov@mail.ru) .

Figura 11. Historia de las observaciones del refractor de 26 de pulgadas perteneciente al Observatorio de Pulkovo.

Josep María Carrasco (Instituto de Ciencias del Cosmos de la Universidad de Barcelona) trató sobre los sistemas múltiples detectados con la misión GAIA. Esta misión va a revolucionar la astronomía y las estrellas dobles especialmente, ya que se van a detectar multitud de nuevas binarias y sistemas múltiples, se obtendrán medidas de gran precisión que servirán para mejorar muchas de las órbitas actualmente vigentes y descubrirá miles de binarias eclipsantes desconocidas hoy día, elaborando un censo mucho más completo de todos estos objetos (figura 12).

1 billion pixels for 1 billion stars

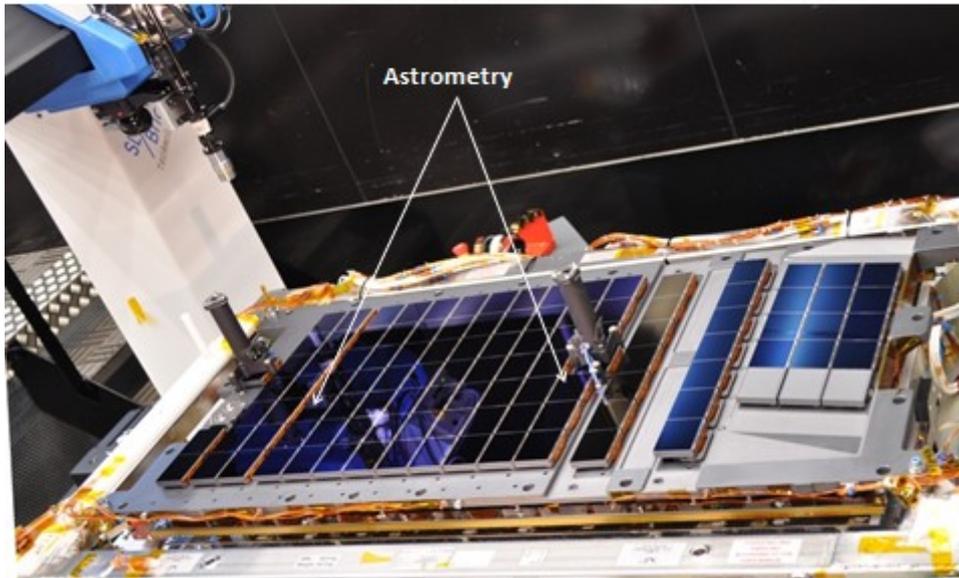


Figura 12. Gaia va a obtener astrometrías con una precisión nunca soñada de todas las estrellas dobles que conocemos actualmente, además de los miles de descubrimientos que realizará.

Tòfol Tobal, Xavier Miret e Ignacio Novalbos (Observatorio Astronòmic del Garraf) presentaron el proyecto Common Proper Motion Wide Pairs Survey (CPMWPS) que han desarrollado entre 2008 y 2015. Haciendo uso del Observatorio Virtual, examinando placas de diferentes épocas, se han llegado a descubrir más de 3.000 nuevas binarias de movimiento propio común (figura 13).

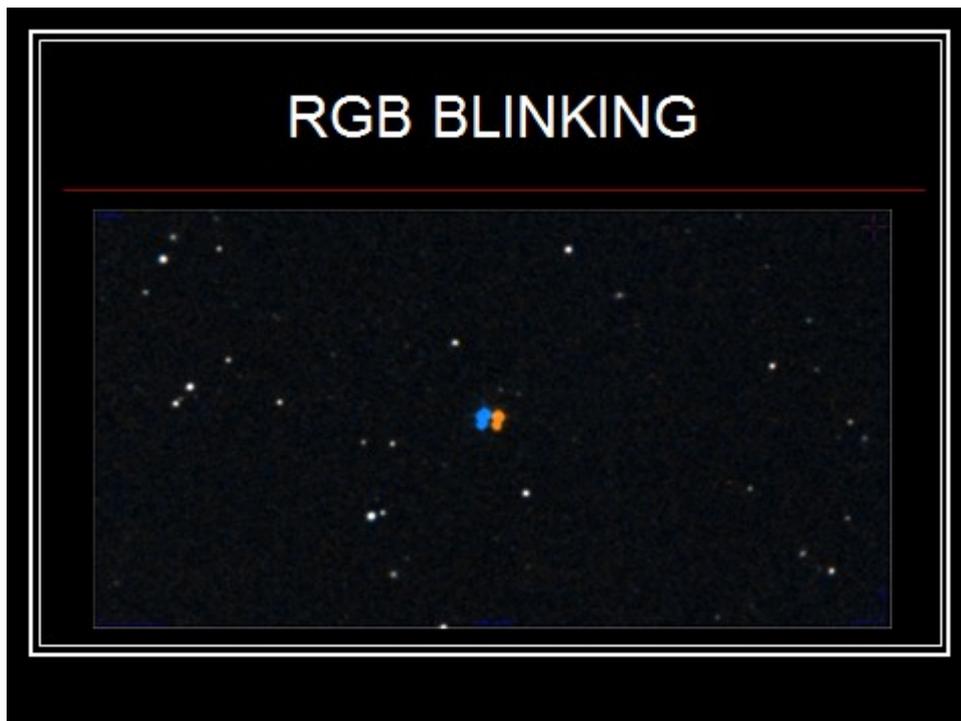


Figura 13. Composición RGB de una de las binarias descubiertas por el proyecto CMPWPS. Espectacular.

Rainer Anton, amateur procedente de Alemania, nos habló sobre la precisión de las medidas obtenidas mediante la técnica de *lucky imaging* (Figura 14).

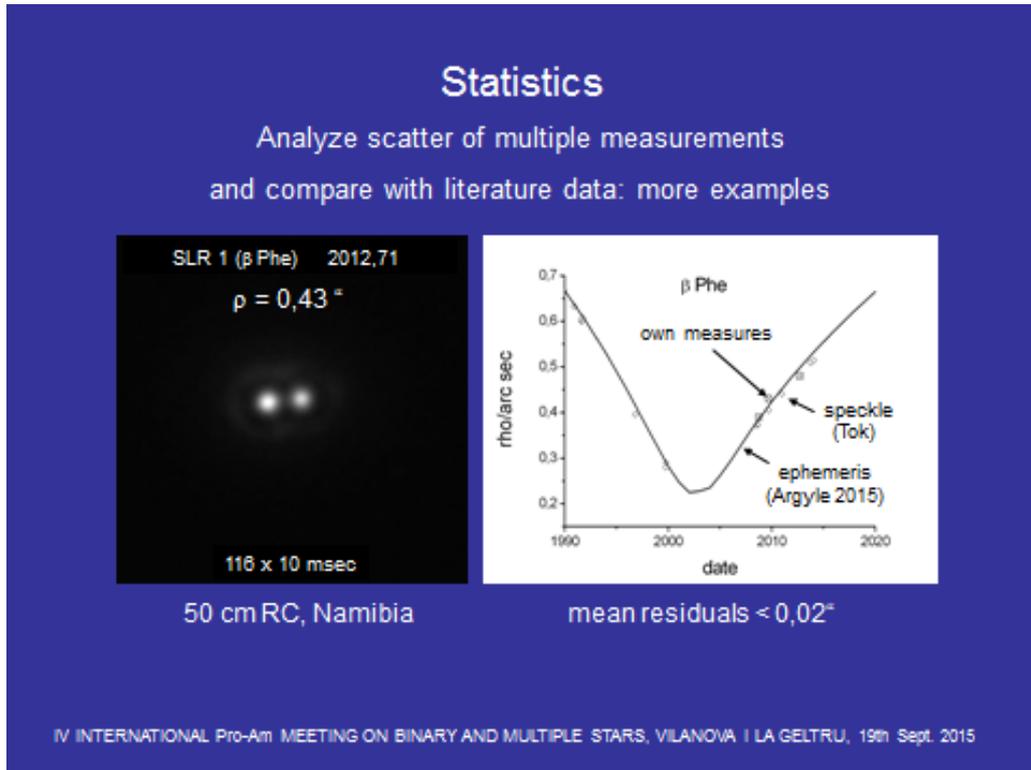


Figura 14. Imagen de SLR 1 obtenida desde Namibia por Rainer con un RC de 50 cm. La precisión en las medidas es altísima.

Karl Ludwig Bath, representante del Observatorio Amateur Internacional, una iniciativa alemana en Namibia, habló sobre el método *speckle masking* y su aplicación en binarias cerradas. Gracias a esta técnica podemos alcanzar el poder de resolución de nuestro telescopio (figura 15).

Example 3 – A real narrow double star
Here the Speckle Masking Method is applied to a very narrow double star with completely merged speckle clouds. In this case the double star is not recognizable anymore. The sample is an image series of the $0.3''$ double star gamma Persei. SAO 6 m-telescope, K-band, seeing 2 arcsec, resolution 76 mas (G. Weigelt et al. 2005).

a) The double star speckle cloud and its autocorrelation
Fig. 1
Image no. 22 of the 49 image series. Seeing $2''$.

Fig. 2
Autocorrelation of the 49 images. Here rho and theta (dx and dy) can be measured.

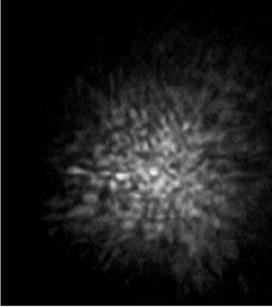
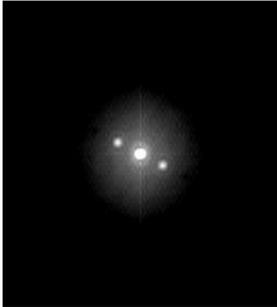



Fig. 1

Fig. 2

Figura 15. Ejemplo real de Gamma Persei (separación $0.3''$) y el autocorrelograma obtenido mediante esta técnica.

Gregory Jones basó su charla en las nuevas cámaras planetarias con dispositivos CMOS, ya que las cámaras EMCCDs, las ideales para este tipo de trabajos, se salen del presupuesto para la mayoría de los aficionados. Analizó sus posibilidades desde diversos puntos de vista y nos dejó realmente impresionados (figura 16).

Speckle and Lucky w/ Filters

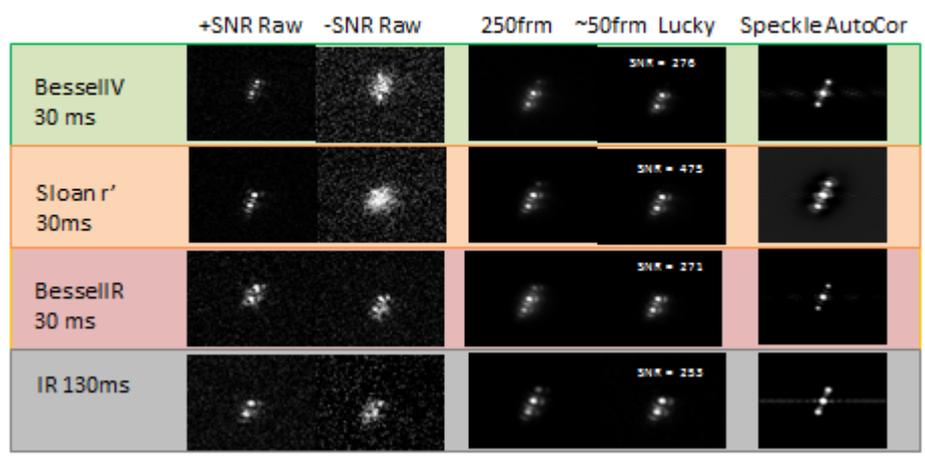


Figura 16. Respuesta de una cámara planetaria convencional con diferentes tipos de filtros en *lucky imaging* e interferometría speckle.

Russel M. Genet (Universidad Politécnica del Estado de California, EEUU) nos comentó su experiencia con alumnos de escuela superior y licenciaturas en la técnica de interferometría speckle para medir binarias cerradas. Se usaron tanto telescopios de aficionado, como ocasionalmente profesionales. Además, se utilizaron intensificadores para mejorar la sensibilidad de los sensores CMOs como una alternativa económica a las cámaras EMCCD. Una ponencia realmente impresionante en la que disfrutamos muchísimo.

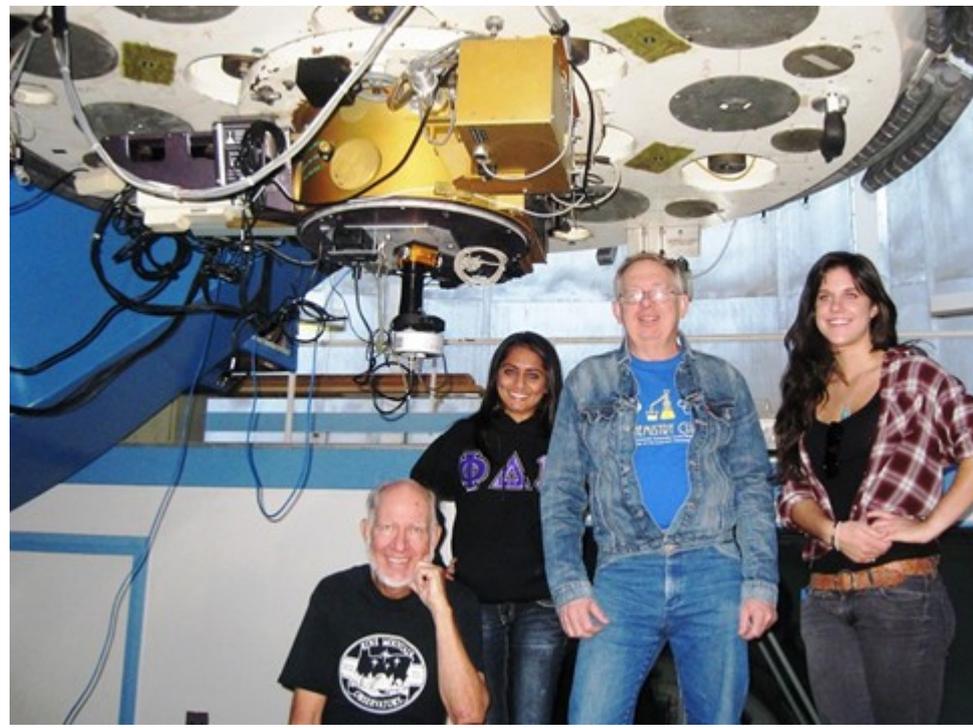


Figura 17. Russell en una sesión de observación con alumnos en el Observatorio Nacional de Kitt Peak.

Ekaterina Avvakumova (Universidad Estatal de los Urales, Rusia) nos presentó una nueva versión del catálogo de estrellas variables eclipsantes CEV <http://www.inasan.ru/~malkov/CEV/>, con datos y curvas de unas 7.200 estrellas. Representa la mayor lista de binarias eclipsantes clasificadas a partir de observaciones. A continuación nos habló sobre la investigación que han llevado a cabo sobre algunas eclipsantes que durante la elaboración del catálogo mostraron datos incompletos o dudosos (figura 18).

Our telescopes

1.2m telescope: <http://astro.ins.urfu.ru/en/node/1237>
 and High Resolution spectrograph UFES:
<http://astro.ins.urfu.ru/en/node/1228>



Spectra with resolution 30000 or 15000 per resolution element
 for wavelength range 400—1050 nm

Figura 18. Preciosa imagen con uno de los telescopios usados en las observaciones de binarias eclipsantes.

Jakub Juryšek (Instituto de Física de la Academia Checa de Ciencias, Universidad de Carlos) trató sobre el telescopio FRAM, ubicado en Argentina, y la fotometría de binarias eclipsantes. Su tarea principal es la monitorización nocturna continua de la extinción atmosférica y su dependencia de la longitud de onda. Al mismo tiempo, monitoriza otros objetos como son binarias eclipsantes. Nos presentó alguno de sus magníficos resultados (figura 19).

The FRAM telescope - introduction Tasks for Pierre Auger observatory Astronomical targets	Location Technical specification
FRAM - Photometric Robotic Atmospheric Monitor	
<ul style="list-style-type: none"> ● FRAM was built in 2005 and has been operated by Institute of Physics AS CR since then (supported by MSMT grants within INGO program). ● Primary telescope - Meade S-C, 0.3m. <ul style="list-style-type: none"> ● CCD G2-1600 ● Johnson-Bessel BVRI+N ● FOV 16' × 24' ● Secondary telescope - Nikkor 300 mm. <ul style="list-style-type: none"> ● CCD G4-16000 ● Johnson-Bessel BVRI+N ● FOV 7° × 7° ● Fully robotized using Remote Telescope System (RTS2) by Petr Kubanek. 	
<p style="text-align: center;">Jakub Juryšek The FRAM telescope and photometry of eclipsing binaries</p>	

Figura 19. Telescopio FRAM, localizado en Argentina.

Huib Henrichs y Marcella Wijngaarden (Instituto de Astronomía Anton Pannekoek, Universidad de Amsterdam) explicaron por qué no se vio el eclipse predicho de Alpha Comae Berenices. La inclinación del sistema, con un periodo de 26 años, es de 90° , lo que da una altísima probabilidad de que se puedan ver los eclipses. En base a las observaciones y modelos teóricos existentes se predijo que tal eclipse ocurriría en torno al 25 de enero de 2015. Una mejora de los parámetros del modelo orbital fue publicada días antes de la fecha señalada y la conclusión fue que el eclipse se había producido un par de meses antes. El próximo eclipse favorable ocurrirá en 2066. ¿Te lo vas a perder? (figura 20).



Figura 20. Noticia de la prestigiosa revista Sky & Telescope anunciando la fallida predicción del eclipse de Alpha Comae Berenices.

Laurent Corp (Comisión de Estrellas Dobles de la Sociedad Astronómica de Francia) basó su charla en la necesidad por parte de los aficionados de seguir observando binarias eclipsantes. A pesar de los futuros datos que aportará la misión Gaia, nuestras observaciones en este campo siguen siendo fundamentales (figura 21).

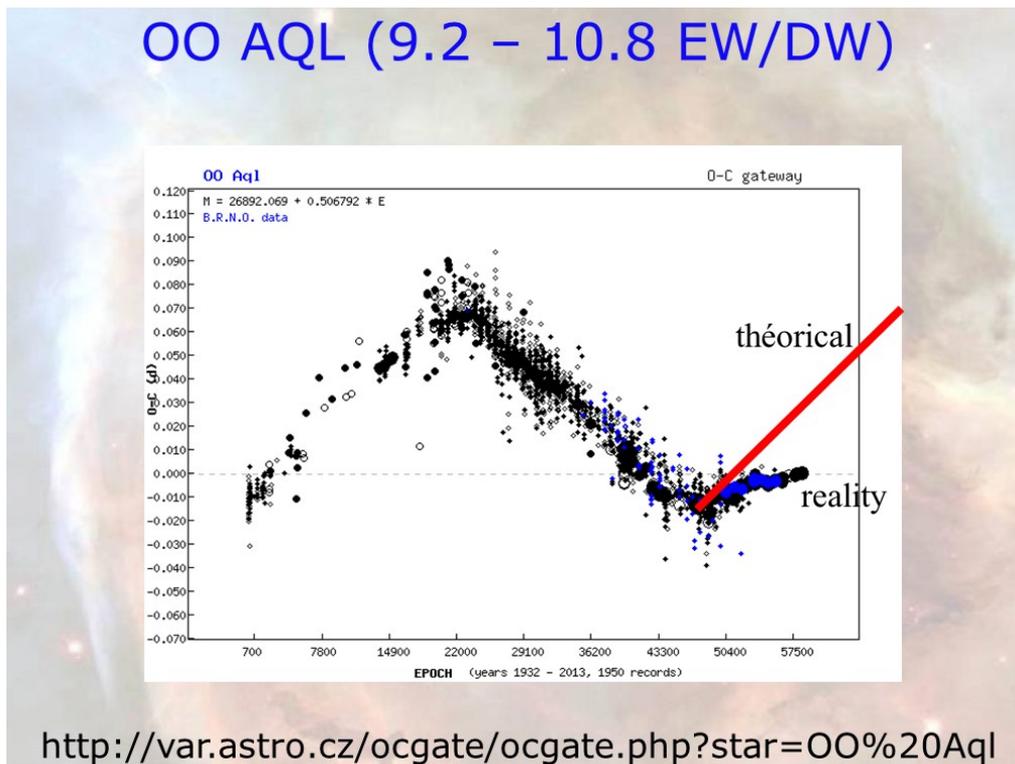


Figura 21. Discrepancias observadas en la curva de luz de OO Aql. Nuestras observaciones siguen siendo importantes para mejorar los modelos de muchas binarias eclipsantes.

La mañana del domingo comenzó con **Carles Schnabel** (Agrupación Astronómica de Sabadell) que nos introdujo en el campo de las ocultaciones como herramienta para detectar sistemas binarios. Existen predicciones de ocultaciones de sistemas dobles conocidos, pero ocasionalmente con este método se pueden descubrir otros que hasta ahora habían pasado inadvertidos (figura 22).

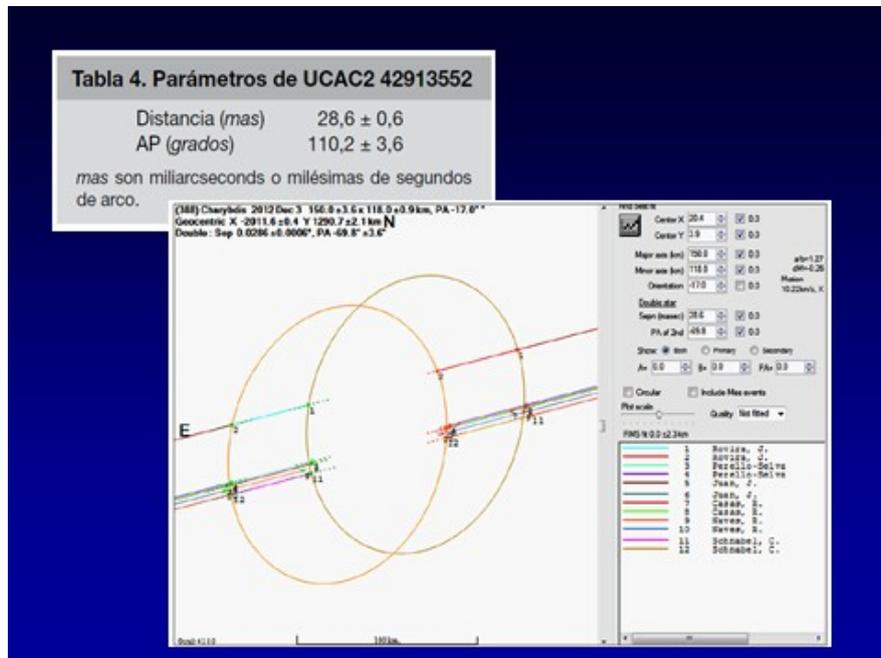


Figura 22. Parámetros de UCAC2 42913552, una binaria descubierta por el método de las ocultaciones a solo 0,0286 segundos de arco de separación, observada por Carles y su equipo.

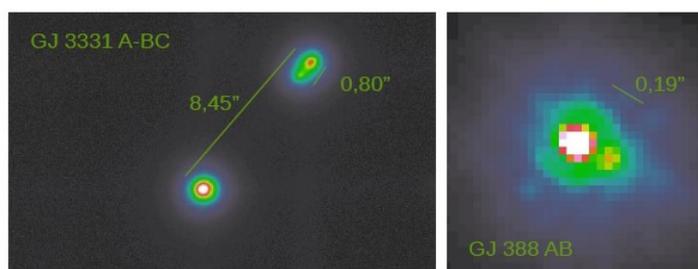
Miriam Cortés (Universidad Complutense de Madrid) trató sobre la multiplicidad de las enanas M en la muestra de la exploración para planetas extrasolares CARMENES. Con el programa de investigación CARMENCITA, el archivo de datos sobre enanas frías incluido en CARMENES, se investiga la multiplicidad de enanas M en la vecindad solar con separaciones proyectadas en el rango de 0,5 – 50.000 ua. Para ello se ha usado tanto la FASTCAM acoplada al telescopio Carlos Sánchez de 1,5 m como imágenes tomadas con TCP y CAMELOT en el IAC80 de 0,8 m, ambos en el Observatorio del Teide (Figura 23).

Multiplicity of M dwarfs in the CARMENES exoplanet survey sample.

Systems in CARMENCITA: Observations II



- FastCam at Telescopio Carlos Sánchez (Observatorio del Teide)
- 483 mid to late M dwarfs in the I-band on 19 night (Oct 2011 – Apr2015)



~22 x 22 arcsec

27

Figura 23. Algunos de los sistemas detectados mediante la FastCam en el Telescopio Carlos Sánchez (Observatorio del Teide) a distancias muy inferiores del segundo de arco en enanas rojas.

David Montes (Universidad Complutense de Madrid) se centró en un proyecto para calibrar la metalicidad de enanas M en sistemas binarios donde se encuentra como secundaria del sistema.

Javier Alonso (de la Universidad de Alicante) trató sobre un interesante tema: binariedad en estrellas masivas y en concreto sobre el sistema LS III + 46 11". La mayoría de las estrellas masivas nacen en sistemas múltiples y muchas de ellas forman sistemas cerrados que se pueden detectar por medio de sus espectros. Estas estrellas son muy interesantes porque al final de su corta vida terminarán como supernovas (figura 24).



Figura 24. La binaria masiva LS III +46 11", perteneciente al cúmulo Berkeley 90.

El ciclo de conferencias terminó con **José A. Caballero** (Centro de Astrobiología del CSIC-INTA) que nos transmitió su entusiasmo en la ponencia "Sistemas binarios: desde 0,2 segundos de arco a 2 grados (cinco años después)", donde nos mostraba binarias de baja masa o ultrafrías separadas por miles de unidades astronómicas formando sistemas muy débiles, a punto casi de perder cualquier influencia gravitatoria la una sobre la otra (figura 25).

Koenigstuhl 1AB: the (second) widest ultracool binary: a challenge for very low-mass formation ejection scenarios!

- $\rho = 77.76 \pm 0.07$ arcsec
- $d = 23 \pm 2$ pc
- $s = 1800 \pm 170$ AU
- $M_A = 0.103 \pm 0.006 M_{\text{sol}}$
- $M_B = 0.079 \pm 0.004 M_{\text{sol}}$

Highlight of the week in A&A. Almost cover page!

Caballero 2007a, A&A

Figura 25. Koenigstuhl 1 AB, una de las binarias ultrafrías, poco masivas y separadas estudiadas por Caballero.

Aparte de todas las charlas tuvimos importantísimas colaboraciones en forma de posters, presentadas por **Olga Kiyeva, Natalia Shakht, Rosa M^a Domínguez, Laurent Corp**, etc. Queremos destacar especialmente la presentación de la nueva versión de Reduc por **Florent Losse**, una herramienta insustituible que nos permite a los aficionados poder medir sistemas que de otra forma sería totalmente imposible, y la presentada por **J. A. Soldevilla, Joan Genebriera** y el equipo del **Observatori Astronòmic del Garraf** (encabezado por **Tòfol Tobal**) donde presentaban un emocionante proyecto para recuperar un objetivo de fabricación rusa de 20 cm a f/15, tallado en el observatorio de Pulkovo, que será instalado en un refractor altacimutal controlado informáticamente (figura 26).



Figura 26. Objetivo de 20 cm sostenido por Tòfol. Un impresionante proyecto.

El acto de clausura fue especialmente emocionante tras las palabras de **Josefina Ling, Félix Ruiz y Tòfol Tobal**, palabras que se quedaron grabadas en el corazón y que nunca podremos olvidar. Aunque más emocionante aún fueron las palabras que nos dedicó D. José Luis Comellas, que no pudo asistir presencialmente, pero su espíritu y presencia nos acompañó desde el primer momento: «Para mí fue una delicia poder dedicarme a las estrellas dobles con instrumentos muy modestos y disfrutar de la belleza de miles de parejas a lo largo de 60 años. El mío era un trabajo prehistórico, pero estoy feliz de ver que ha servido de impulso para muchos aficionados, de los cuales vosotros estáis entre los primeros.»

Pero lo mejor de todo fue el reencuentro con los amigos, el conocer en persona a muchos de ellos con los que solo teníamos contacto por internet desde tiempos inmemoriales y ver por primera vez a otros muchos con los que, indudablemente, formamos una gran familia. Todos los aficionados a las estrellas dobles somos parte de esta gran familia donde no cabe ningún tipo de barrera (figura 27).



Figura 27. Foto de grupo de los participantes en el Meeting. Crédito imagen: Tòfol Tobal.

Sería imposible describir todas las sensaciones y emociones que tuvimos en los intensos tres días que duró el encuentro. Y quizás sea injusto dar nombres, porque caemos en el inmenso error de no mencionar a personas que han sido insustituibles en estas jornadas. Pero no queremos terminar esta humilde crónica sin mencionar con verdadera admiración a otros asistentes que no han sido nombrados, al no presentar ninguna ponencia y que hicieron de aquellos días algo grande.



Instantánea tomada por Gianluca Sordiglioni, junto a **Florent Losse** (en el centro) nada más llegar al Neapolis. Qué gran tipo. Un verdadero orgullo haber podido darle un abrazo por fin. Creador del software Reduc, es la persona más altruista que hemos conocido en astronomía (y el más divertido, también). Te debemos mucho.



De izquierda a derecha **Andrea Mantero, Carlos Lasgoity, Rafael Benavides, Gianpiero Locatelli, Edgardo R. Masa** y **Nacho Novalbos**. Carlos Lasgoity es un doblista excepcional, riguroso y tremendamente

científico; pero además, es una persona asequible, amable y con un corazón que no le cabe en el pecho. Carlos acudió al congreso como representante de nuestra querida LIADA y de nuestro apreciado grupo de estrellas dobles argentino GEDRRA.

En cuanto a los compañeros italianos, decir que ha sido un placer inenarrable el haberos conocido. El carácter latino de los españoles y los italianos es sin duda un nexo de unión muy potente. Es por ello que hemos congeniado tan bien, tanto con vosotros como con vuestras encantadoras familias. Si a esto añadimos el ingrediente astronómico la receta tiene un éxito asegurado. Aquí se inicia una gran amistad: cuando los amigos comparten unos Gin-Tonics a altas horas de la madrugada y se habla de literatura, astronomía, filosofía... y un montón de cosas más, ya no hay vuelta atrás. La prueba: durante los días del congreso fuimos inseparables. Añadir que, gracias al encuentro en el congreso y gracias a su empuje, hemos creado un grupo de estrellas dobles en Facebook llamado *Crazy About Double Stars*. Sois grandes. Por cierto, veréis en varias fotografías que lucimos unas espléndidas camisetas (y que se hicieron famosas en el meeting) con el texto en francés: *Esos astrónomos locos por las estrellas dobles*, parafraseando el título del libro de Paul Couteau. Bien, pues fueron un regalo de Gianpiero Locatelli traído de Italia ex profeso para nosotros. La ilusión que nos hizo este detalle fue inmensa. Mil gracias.

Y qué decir de Nacho Novalbos. Gran amigo y compañero y un doblista de pro. Muchas ganas había de encontrarse de nuevo. No nos veíamos desde 2010 en el CEA de Madrid. Nacho formaba parte del Comité Organizador y como tal se desvivió para que estuviéramos a gusto en todo momento. Era constante su interés por si necesitábamos algo. De hecho, tampoco nos separamos en todo el congreso: había que recuperar el tiempo perdido. Gracias Nacho por tu hospitalidad.



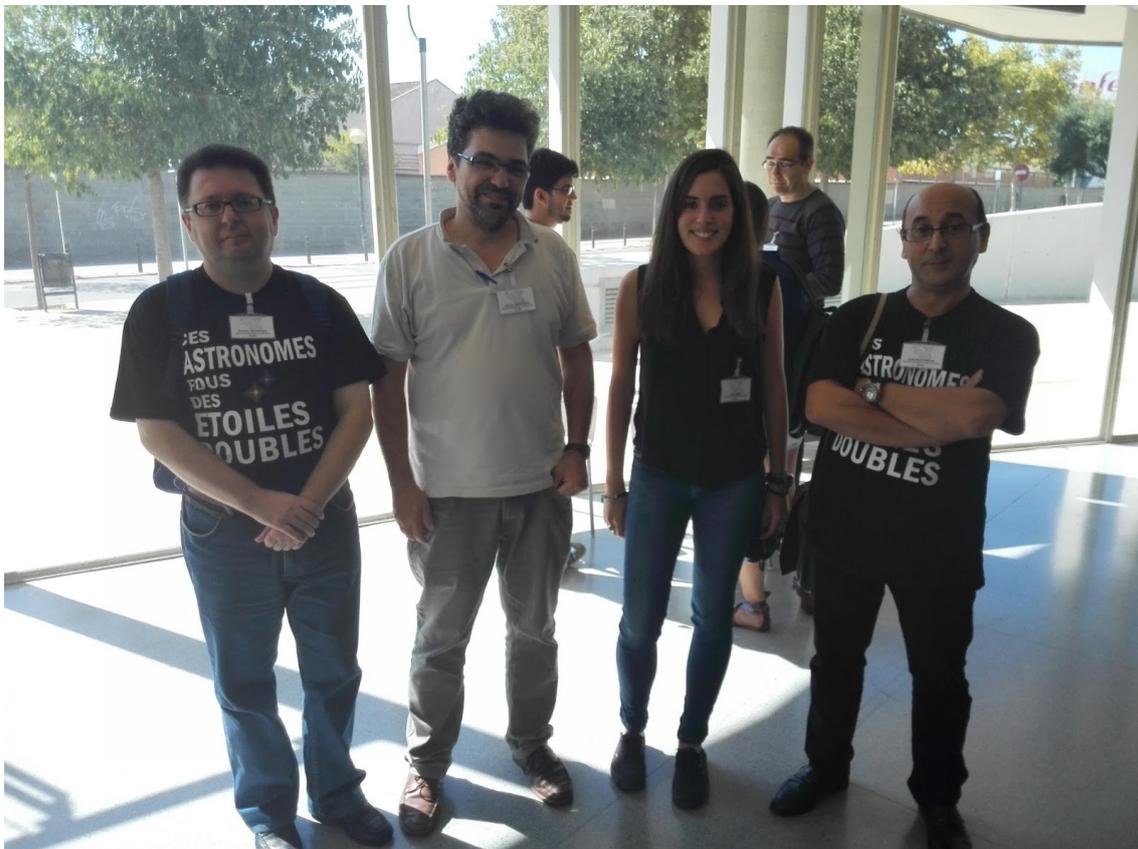
En primer plano, **Lluís Ribé de Pont**, colaborador de OED desde los comienzos con sus mediciones de estrellas dobles abandonadas desde su observatorio en Badalona. Ribé es quizá uno de los más pulcros doblistas del panorama nacional, pues aparte de la excelente calidad de sus medidas, es tremendamente escrupuloso a la hora de presentar sus datos en los artículos. Sus envíos son sinónimos de garantía y calidad: no tenemos que retocar nada. Un placer haberlo conocido. Agregaremos que, como es lógico en la evolución de los doblistas serios, tras el congreso, Lluís está abordando nuevos retos observacionales incorporando técnicas de observación más avanzadas a sus trabajos. Bravo.



Posando junto a **Edgar Soulié**, Presidente de la Comisión de Estrellas Dobles de la Sociedad Astronómica de Francia (SAF). Uno de los más grandes doblistas internacionales en la actualidad, asequible y cercano donde los haya. Desde el congreso tuvo la iniciativa de enviar una postal firmada por todos los asistentes a la esposa del gran Paul Couteau, recientemente desaparecido. En una conversación con Soulié le comentamos que detrás de un gran hombre, indefectiblemente hay una gran mujer: este es el caso de la esposa de Couteau y fue un honor firmar aquella carta de homenaje a uno de los más grandes doblistas de la historia.



Del mismo modo, **Rafael Caballero** es otro de los grandes compañeros que tuvimos el placer de encontrarnos después de años colaborando en trabajos de estrellas dobles. Una persona muy amena, divertida (nunca olvidaremos la anécdota del taxista que nos contó y que no vamos a relatar aquí), redondo en el trato y un gran profesional de las estrellas dobles. Tal es su adicción que fue capaz de seguir perfectamente todas las conferencias mientras descubría varias nuevas parejas MPC vía Aladin al tiempo que escuchaba. Y no es que nos lo hayan contado: fuimos testigos en primera persona sentados junto a él. ¡Qué grande!



En el centro de la imagen **Rafael Hernández** (Universidad Politécnica de Madrid y Agrupación Astronómica de Madrid, AAM) y **Nuria Miret** (Universidad de Barcelona y Observatorio del Garraf) como representantes nacionales de la nueva generación del calculistas de órbitas de estrellas binarias. Van a ser el referente en este campo en los próximos años, al tiempo.



En el centro, a la izquierda, **Gianluca Sordigioni**, otro gran amigo italiano dedicado a las estrellas dobles y creador de una eficaz y útil herramienta de búsqueda en WDS llamada *Stelle Doppie*. A su lado, el canario **Enrique de Ferra**, colaborador de nuestro Proyecto SEDA-WDS desde las primeras campañas. Fue un gusto compartir con vosotros inquietudes y proyectos.



En el centro, el alemán **Rainer Anton**, experto doblista amateur especializado en técnicas de captura de alta resolución (*Lucky Imaging*). Sus imágenes y medidas de pares cerrados son impresionantes y un verdadero referente en el panorama actual de observadores. Tuvimos el placer de entrevistarle hace unos años para OED, (número 7, diciembre de 2011).



El estadounidense **Russell M. Genet** (California Polytechnic State University) es uno de los grandes expertos mundiales en interferometría speckle. Además, desde hace años, tiene especial interés en fomentar una escuela de doblistas entre sus alumnos y dirige habitualmente proyectos de investigación de binarias dentro de la universidad, manteniendo colaboraciones con importantes observatorios de todo el mundo. Además, es el inductor de IADSO, The International Association of Double Star Observers, organización dedicada a promocionar la investigación científica en las estrellas dobles. Russ es un astrónomo de altura, en todos los sentidos, como puede apreciarse... en la imagen.



El británico **Bob Argyle** (Institute of Astronomy University of Cambridge). Argyle es uno de los pocos micrometristas visuales que aún quedan, y además lo hace con un refractor histórico que perteneció al gran William Rutter Dawes. Es, al tiempo, editor de las Circulares Informativas de la Sección de Estrellas Dobles de la Webb Society (DSSC), publicación británica por excelencia en este campo. Por si fuera poco es el editor del libro *Observing and Measuring Visual Double Stars*, que tanto ha hecho por los doblistas de todo el mundo desde su publicación en 2004. Y como seguramente no lo sepáis, diremos que Robert Argyle escribió en 1975 un manual de estrellas dobles que jugó un papel importantísimo en aquella época: el Volumen I (*Double Stars*) del Webb Society Deep-Sky Observer's Handbook. Un verdadero honor haber compartido con él unos momentos inolvidables.



Posando junto a nuestra amiga, la astrónoma Josefina F. Ling. Edgar comenta que conocer personalmente a Josefina ha sido uno de las satisfacciones más grandes que le ha dado este congreso. Y no solo por la admiración que siente por su reputada y dilatada trayectoria profesional e internacional en las estrellas binarias, tanto en el apartado observacional como en el cálculo orbital: ella es una astrónoma profesional que desde siempre ha sido mentora de todos los que nos hemos acercado a las estrellas dobles desde la perspectiva amateur y continuamente hemos contado con su apoyo incondicional y su ayuda desinteresada. Y encima es una mujer encantadora, con una forma de ser que cautiva. Un lujo.

Rafael Benavides, junto a Francisco Rica, uno de los grandes amigos que no pudo asistir, tuvo el honor de conocerla en el I Meeting celebrado en Castelldefels en el año 2000. Fue un verdadero placer verla de nuevo y poder comentar con ella un montón de cosas. ¡Gracias!



Una imagen histórica donde posan veteranas y jóvenes astrofísicas. Varias generaciones de investigadoras unidas en el congreso de Vilanova. La Ciencia es de las mujeres, siempre lo ha sido. Bravo, compañeras.



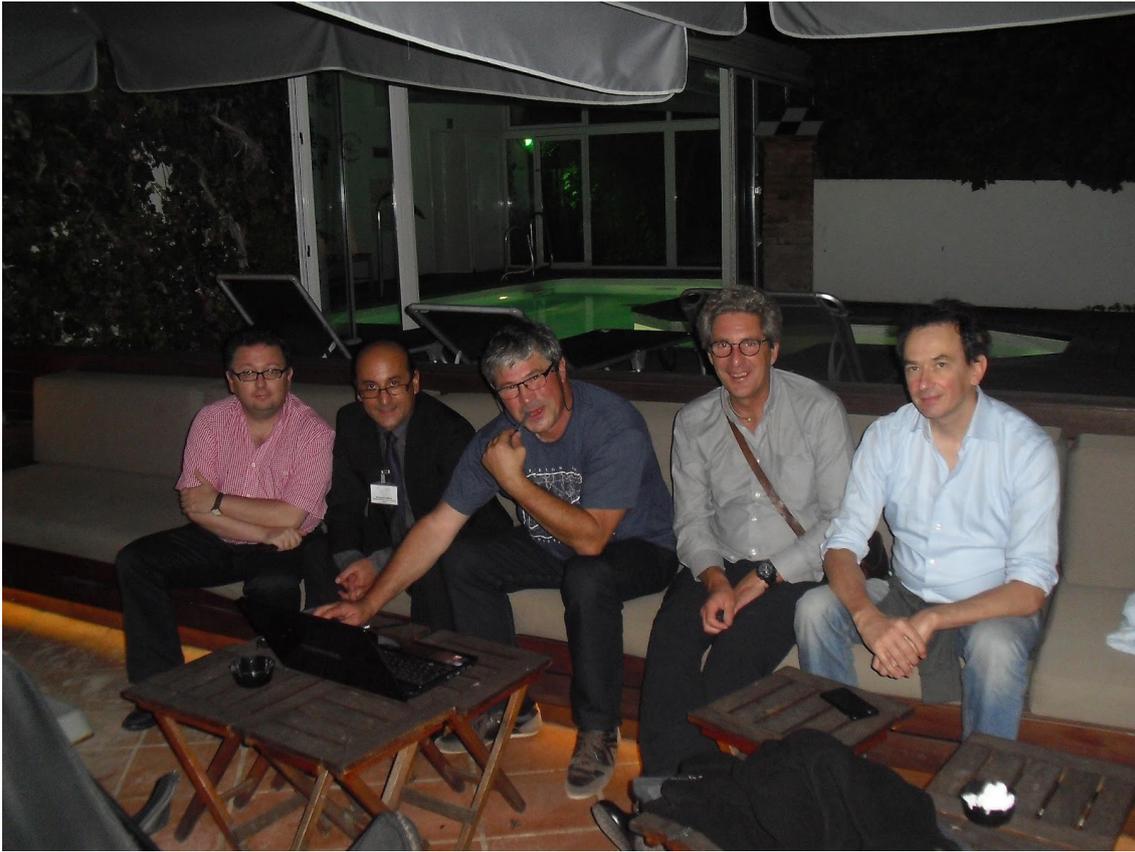
El sábado por la tarde, **Carles Schnabel** nos deleitó con una sesión de planetario (portátil) en las mismas instalaciones del Nèapolis Building.



Nuestra familia italiana. De izquierda a derecha, **Gianluca Sordigliani, Gianpiero Locatelli y Andrea Mantero.**



Brindis con **Florent Losse** durante la cena. Salut, mon ami!!!



Después de la cena, hasta pasadas las dos de la madrugada en las instalaciones del hotel: algunos privilegiados pudimos disfrutar en exclusiva de una clase magistral de **Florent Losse**, quien nos deleitó con un taller de medición de dobles con la nueva versión de Reduc. Un lujo que recordaremos toda la vida. Pero qué grande es este hombre.

Ya hay propuesta para la celebración V Meeting: será en California en 2017. La idea fue lanzada por Russ Genet y será un viaje inolvidable pues, además, coincide con un eclipse total de Sol. Empezaremos a ahorrar.

Desde estas líneas dar las gracias a todo el equipo organizador por todos los momentos vividos.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Comité Organizador por parte del material gráfico aquí reproducido (galería fotográfica de Ramón Sanromà), así como a todos los conferenciantes que, amablemente y a través de la web del Observatori Astronòmic del Garraf, han puesto a disposición de todos nosotros sus ponencias íntegras. <http://www.oagarraf.net/>

Asimismo, nuestra gratitud a Carles Schnabel por su magnífica crónica del congreso publicada en el número 265 de la revista Astrum, trabajo que nos ha servido como referencia y apoyo a la hora de redactar este artículo.

Bibliografía

Masa, E. R., 2015, IV international Pro-Am Meeting on Double and Multiple Star Systems, Blog Duae Stellae: <http://duaestellae.blogspot.com.es/2015/10/iv-international-pro-am-meeting-on.html>

Masa, E. R., 2015, Storify del congreso vía Twitter: <https://storify.com/ErmasaDsa/iv-international-pro-am-meeting-on-double-and-multiple>

Observatori Astronòmic del Garraf. <http://www.oagarraf.net/Comunicacions/MEETING%202015/Index%201.html>

Schnabel, C., 2015, *IV encuentro internacional Pro-Am sobre estrellas binarias y múltiples*, Astrum, nº 265.

CRB 220: una nueva binaria M+WD con elevado movimiento propio común

CRB 220: A new M+WD binary system with high common proper motion

Juan-Luis González Carballo^{1,2,3} y Francisco M. Rica Romero^{1,5}

■ ¹Foro Extremeño de Astronomía, ²El Observador de Estrellas Dobles, ³Observatorio Cerro del Viento (IAU MPC 184), ⁵Grupo Astronómico Orión

■ Correo-e: struvel@gmail.com y frica0@gmail.com

En este artículo damos a conocer una nueva binaria con alto movimiento propio común ($\mu > 0,2''/\text{año}$) formada por dos estrellas de magnitud V 15,3 y 19,5. La fotometría y cinemática de la literatura nos ha permitido saber que está compuesta por una enana roja M2V y una enana blanca (ambas desconocidas para los astrofísicos) con T_{eff} de unos 5100 K, situadas a unos 85 parsecs de distancia. Se obtuvieron datos astrométricos en base a *surveys* online (DSS, SkyMorph), catálogos astrométricos (GSC 2.3.2, WISE, SDSS) e imágenes CCD tomadas para la ocasión. Uno de los telescopios usados fue el Telescopio Nacional Galileo (3,6 m) situado en el Observatorio Roque de los Muchachos. Nuestro estudio dinámico no detectó movimientos relativos entre las estrellas pero aun así la dinámica es compatible con un movimiento orbital.

We present a new visual binary star with high common proper motion ($\mu > 0,2''/\text{yr}$) composed of stars with V magnitudes of 15.3 and 19.5. The photometric and kinematic data from the literature allow us to determine for the first time, that it is composed of an M2V red dwarf and a white dwarf with $T_{\text{eff}} = 5100$ K located at about 85 pc. We obtain astrometric data from online surveys (DSS and SkyMorph), astrometric catalogs (GSC 2.3.2, WISE, SDSS) and CCD images taken by one of the author and the 3.6-m Telescopio Nazionale Galileo located at Roque de los Muchachos Observatory. Our dynamical study detect no relative motion between the stellar components but the dynamical parameters are compatible with an orbital motion.

I. Introducción.

UNA DE LAS PRINCIPALES INCÓGNITAS de la evolución de las estrellas binarias es la llamada “fase de capa común” (“common-envelope phase” en inglés), una etapa de corta duración durante la cual el núcleo de una estrella gigante y su compañera co-existen dentro

de una misma “burbuja” de gas. El producto de esta fase son las binarias enanas blancas junto a estrellas de la secuencia principal de baja masa (como una enana roja). Los astrofísicos suponen que una fracción importante de binarias formadas por enanas blancas y rojas son sistemas cerrados y el producto final de la evolución de la “fase de capa común” (Augusteyjn et al. 2008). Estas binarias tienen interés astrofísico ya que permiten conocer mejor esta fase de la evolución estelar.

En este trabajo presentamos una nueva binaria de alto movimiento propio común ($\mu > 0,2''/\text{año}$) descubierta por Juan-Luis González Carballo mientras consultaba las magnitudes de otro sistema doble en *Aladin Sky Atlas*. Esta binaria, a la que denominamos CRB 220 (la número 220 dentro de su listado de descubrimientos), está situada en la constelación de Pegasus y formada por dos débiles estrellas de magnitud V 15,3 y 19,5, separadas por unos 27,6 segundos de arco. Nuestro estudio reveló que estábamos ante una doble formada por una enana roja y una enana blanca. Lamentablemente, su gran separación angular no permite tener una “capa común” tras la explosión de la estrella gigante (ahora enana blanca), reduciendo su interés astrofísico.

Cuando una estrella llega a la fase de enana blanca ya ha perdido una cantidad de masa importante. La relación entre la masa inicial y la masa final nos permite unir la masa de la enana blanca con la de la estrella progenitora que le dio lugar. Esta relación es

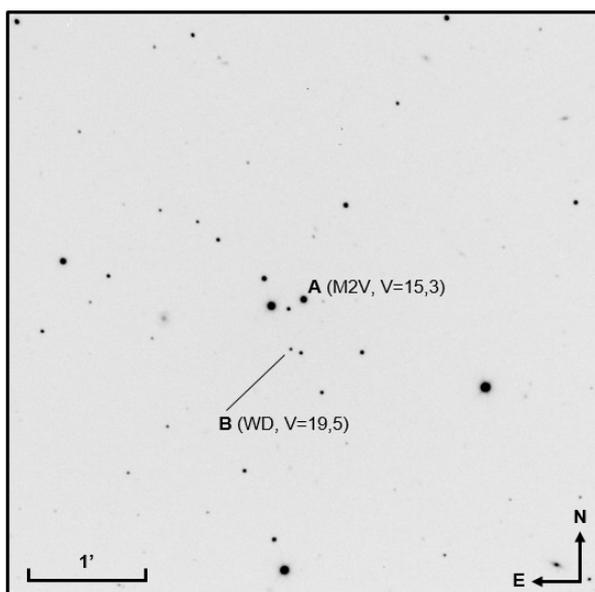


Figura 1. La nueva binaria CRB 220 con la identificación de sus dos componentes. Imagen obtenida en el Telescopio Nazionale Galileo (TNG, 3,6 m) del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) la noche del 11 de noviembre para este trabajo (focal=11052 mm, resolución 0,25''/píxel).

de gran importancia para algunos aspectos de la astrofísica moderna, tales como la determinación de la edad y distancia de los cúmulos globulares, el estudio de la evolución química de las galaxias, etc. Aunque los primeros estudios de la relación de masa inicial-final se realizó en 1977, no fue hasta el trabajo de Catalán et al. (2008a) cuando se abordó el problema usando pares de movimiento propio común con una componente enana blanca.

Por simple curiosidad, realizamos una búsqueda en el Washington Double Star Catalog (Mason et al. 2001; en adelante WDS) mediante la herramienta *VizieR*, perteneciente al *Observatorio Virtual*. La búsqueda se limitó a encontrar pares cuyo campo *SpType* (tipos espectrales) tuviera una enana roja ("M"), como primaria o secundaria, y una enana blanca ("WD", "DA", "DB", "DC"). En total se localizaron 375 sistemas estelares (258 sistemas DA+M (M+DA); 73 sistemas M+WD (WD+M); 23 sistemas DC+M (M+DC); 21 sistemas DB+M (M+DB)). Probablemente se nos haya escapado algún sistema, por lo que su cantidad real podría estar cerca de los 400 sistemas compuestos por una enana roja y una enana blanca. Sin embargo, de entre éstas, tan sólo varias decenas tienen movimientos propios tan elevados.

En este trabajo realizamos un estudio astrofísico de ambas estrellas y obtuvimos mediciones astrométricas en base a *surveys* online (DSS, SkyMorph), catálogos astrométricos (GSC 2.3.2, WISE, SDSS) e imágenes CCD tomadas por varios observadores (Massimo Caimmi y Rafael Benavides Palencia) y desde el Telescopio Nacional Galileo ¡de 3,6 metros de diámetro! La finalidad de estas mediciones astrométricas es detectar algún movimiento relativo entre las estrellas y determinar si es compatible con un movimiento orbital.

Este trabajo se organiza de la siguiente forma: en primer lugar describiremos el estudio astrofísico realizado sobre ambas estrellas. Seguidamente se detallarán las mediciones astrométricas realizadas para, a continuación, dar a conocer el estudio dinámico del sistema, así como los argumentos para defender la relación física entre las estrellas.

2. Estudio astrofísico.

Antes de realizar el estudio astrofísico procedimos a recopilar toda la información astrofísica a nuestro alcance. Para ello utilizamos las típicas herramientas del *Observatorio Virtual: Simbad* (Wenger et al. 2000), *VizieR* y *Aladin* (Bonnarel et al. 2000; Boch & Fernique 2014). Las estrellas que componen esta doble son débiles, especialmente la secundaria, por lo que localizar información directa fue una tarea ardua. En la tabla 1 listamos todos los datos encontrados en la literatura más los obtenidos por nosotros en este estudio. Se consultaron los habituales catálogos astrométricos/fotométricos. Afortunadamente, el catálogo PPMXL (Roeser, Demleitner & Schilbach 2010) lista los movimientos propios para ambas componentes,

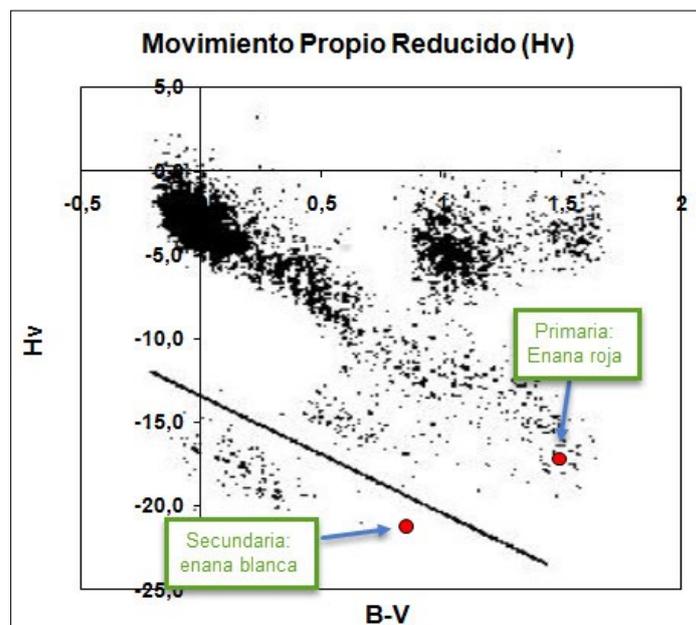


Figura 2. DMPR procedente del trabajo de Jones (1972). Las componentes estelares de la doble en estudio, se muestran como puntos rojos sólidos.

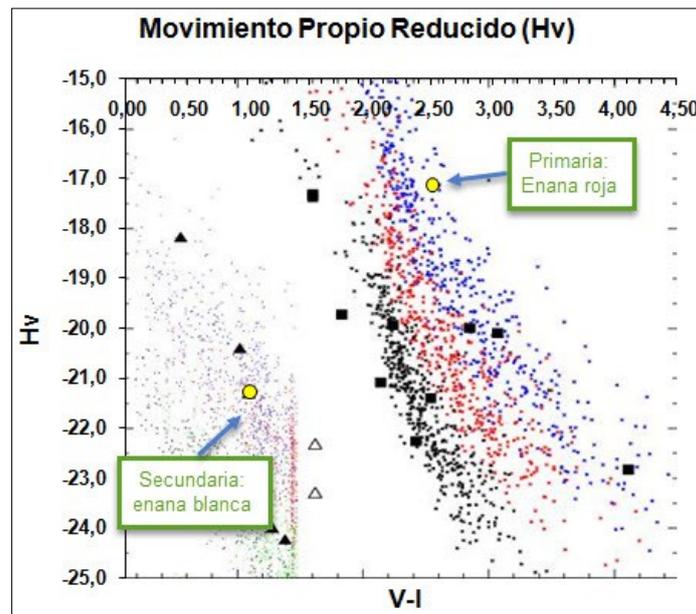


Figura 3. DMPR procedente del trabajo de Nelson et al. (2002). Las componentes estelares de la doble en estudio, se muestran como puntos amarillos.

donde vemos claramente que son estrellas de alto movimiento propio común. La primaria aparece, además, listada en el catálogo UCAC4 (Zacharias et al. 2013), donde disponemos de movimiento propio y su fotometría en el óptico en bandas *B*, *V*, *g*, *r*, *i* procedentes del catálogo APASS. También la componente primaria (la secundaria es demasiado débil) es listada en el catálogo 2MASS (Skrutskie et al. 2006), ofreciéndonos las útiles fotometrías infrarrojas en torno a las 2 micras (bandas *J*, *H* y *K*). Por tanto, para la componente principal se dispone de información suficiente como para realizar un estudio adecuado (movimientos propios y fotometría en 8 bandas fotométricas). Afortunadamente el catálogo SDSS DR9 (Ahnet et al. 2012) cubre

esta zona del cielo y obtuvimos datos fotométricos en banda u , g , r , i , z para ambas componentes. Otros en los que hemos encontrado información de algún tipo son: el USNO-A2.0 y USNO-B1.0, así como el GSC-2.3.2, catálogos con fotometrías procedentes de antiguas placas fotográficas y por tanto con una información no tan precisa como los anteriormente citados (información no usada en nuestro estudio). Nos sorprendió no encontrar ningún estudio realizado por otros astrofísicos expresamente sobre estas dos estrellas siendo este, por tanto, el primero en dar a conocer ante qué tipo de estrellas nos encontramos, a qué distancia se encuentran de nosotros, su velocidad espacial, su masa, etc. Aprovechamos para reflexionar sobre lo excitante de las posibilidades que tenemos hoy en día los astrónomos no profesionales a la hora de realizar trabajos serios como este.

Para facilitar nuestra labor procedimos a convertir la fotometría $ugriz$ del catálogo SDSS en el sistema estándar BVI y obtener así los colores fotométricos $B - V$ y $V - I$. Para ello utilizamos la herramienta de Microsoft Excel creadas por Francisco Rica Romero (*TransformacionSDSS-2MASS-Johnson_v2.3.xlsx*), que utiliza varios trabajos donde se dan a conocer conversiones de este tipo (Jester et al. 2005; Lupton 2005; Jordi et al. 2006).

Una vez recopilada toda la información necesaria es cuando comienza nuestro trabajo de investigación. Lo más importante de todo es saber ante qué tipo de estrellas estamos. Sabíamos que ambas estrellas tienen un alto movimiento propio, lo cual es un indicio de cercanía a nosotros y/o de velocidad espacial elevada. Podríamos estar ante varios tipos de estrellas y para dilucidar el misterio nada mejor que usar los diagramas de movimiento propio reducido (en adelante DMPR). Para tal fin utilizamos los DMPR de Jones (1972) y Nelson et al. (2002). El uso de estos diagramas no dejó ningún lugar a dudas: ¡estamos ante una enana roja y una enana blanca! En las figuras 2 y 3 (página anterior) se muestran las posiciones de las componentes estelares de la doble sobre estos diagramas. Aunque descubrir una enana roja no es algo excepcional, encontrar una enana blanca es algo menos frecuente y merece una celebración especial. Este resultado fue confirmado usando otros DMPR (Digby et al. 2003; Zhang et al. 2013) usando colores diferentes.

Para una explicación detallada sobre estos diagramas de movimiento propio reducido se puede consultar el anexo I de este trabajo (página 48).

Gracias a la fotometría $ugriz$ del catálogo SDSS, a la fotometría $BVgri$ del APASS y a la foto-

DATOS ASTROFÍSICOS DE LAS COMPONENTES DEL SISTEMA								
	Componente A (NLTT 56136)				Componente B (USNO-B1.0 1154-00564257)			
	Valor			Fuente	Valor			Fuente
mag. V	15,32	±	0,01	(APASS)	19,53	±	0,02	(este trabajo)
B - V	1,58	±	0,11	(SDSS DR9)	0,88	±	0,02	(este trabajo)
mag. u'	18,927	±	0,020	(SDSS DR9)	21,725	±	0,123	(SDSS DR9)
mag. g'	16,336	±	0,004	(SDSS DR9)	19,934	±	0,015	(SDSS DR9)
mag. r'	14,820	±	0,004	(SDSS DR9)	19,220	±	0,012	(SDSS DR9)
mag. i'	17,036	+	0,015	(SDSS DR9)	18,937	+	0,013	(SDSS DR9)
mag. z'	13,166	±	0,005	(SDSS DR9)	18,802	±	0,038	(SDSS DR9)
mag. J	11,90	±	0,02	(2MASS)	
mag. H	11,35	±	0,02	(2MASS)	
mag. K	11,12	±	0,02	(2MASS)	
Tipo espectral	M2V			(este trabajo)	WD			(este trabajo)
Masa A (MSol)	0,48			(este trabajo)	0,59			(este trabajo)
Distancia (pc)	95	±	10	(este trabajo)	72	±	6	(este trabajo)
$\mu(\alpha)$ (msa/año)	96,2	±	4,1	(PPMXL)	98,4	±	5,4	(PPMXL)
$\mu(\delta)$ (msa/año)	-210,0	±	4,1	(PPMXL)	-211,7	±	5,4	(PPMXL)
T_{eff} (°K)	3550	±	50,00	(este trabajo)	5100	±	100	(este trabajo)
log g	5,00	±	0,25	(este trabajo)	

Tabla 1

metría *JHK* del catálogo 2MASS pudimos determinar las principales características astrofísicas de las componentes estelares. Para ello utilizamos la herramienta de MS Excel, *Mamajek tool v1.3.xlsm*, diseñada por Francisco Rica Romero. Esta herramienta utiliza las excelentes tablas empíricas de Mamajek, que en base a modernos datos, relaciona diversos colores fotométricos con varias propiedades astrofísicas. Además, esta tabla es actualizada y revisada cada cierto tiempo. Un dato importante a tener en cuenta es el enrojecimiento interestelar del sistema. Su latitud galáctica es de -32° por lo que es de esperar que el enrojecimiento sea pequeño. Para calcular el enrojecimiento en la línea de visión utilizamos los mapas de extinción de Schlafly & Finkbeiner (2011) a través de la web de "*Galactic Dust Reddening and Extinction*" (<http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/DUST/>). Posteriormente, la herramienta de MS Excel citada con anteriormente, escala este enrojecimiento a la distancia de la estrella usando la fórmula del trabajo de Anthony-Twarog & Twarog (1994).

2.1. La componente primaria (NLTT 56136).

Para el estudio de la componente principal no se utilizó la fotometría *i* del SDSS ya que está saturada. En su lugar se empleó la fotometría *i* del catálogo APASS. El resultado obtenido (usando las tablas de Mamajek) indica que estamos ante una enana M2V situada a una distancia de 102 pc y con un enrojecimiento de $E(B - V) = 0,02$. Para confirmar el tipo espectral, se utilizaron otras relaciones:

- Uso de la relación entre el color *r-z* con tipo espectral para enanas M, publicada en Dhital et al. (2010).
- Uso de la relación color SDSS-2MASS con tipo espectral para enanas M publicada en West et al. (2008). En su tabla 1 (página anterior), relaciona los colores *r-i*, *i-z*, *z-j*, *J-H* y *H-K* con el tipo espectral de enanas M.
- Uso de la Figura 3 del trabajo de Lépine & Gaidos (2011), que relaciona *V-J* con el tipo espectral.

Todas estas relaciones concluían qué estábamos ante una enana roja de tipo M2V.

Para determinar con más fiabilidad la distancia a la que se sitúa esta estrella, utilizamos diversas relaciones, listadas en la tabla 2.

Como vemos en Legget (1992), la luminosidad (y por tanto la distancia) de una enana roja depende de su edad. La figura 8 sugiere que la componente principal podría ser una estrella perteneciente a una población mezcla entre disco viejo y el halo galáctico. Por tanto podría ser vieja. Si es así, entonces su distancia sería de unos 80 pc aproximadamente. Por otro lado hay varias referencias a través de las cuales obtenemos distancias de en torno a 100 pc. Finalmente adoptamos la distancia de 90-100 pc para la primaria. A esta distancia, la velocidad tangencial es de unos 103 km/s y, según los diagramas de Eggen (1969a, 1969b), por su

ESTIMACIONES DE DISTANCIAS FOTOMÉTRICAS PARA LA ENANA ROJA (COMPONENTE PRIMARIA)		
Distancia (pc)	Referencia	Notas
102	Henry, Philip, Kirkpatrick, Jahreiss (1997)	Se usó la <i>M_v</i> obtenida en base a la relación color óptico-infrarrojo con la luminosidad incluido en la referencia.
103	Henry et al. (2004)	Usando tablas que relacionan colores ópticos-infrarrojos con luminosidad. Usando otros colores se obtienen distancias entre los 75 y 194 pc.
74	Ivezic & Juric (2008)	Tabla que relaciona el color Sloan <i>r-i</i> y la luminosidad.
96	Leggett (1992)	A través de la relación color-luminosidad para estrellas del disco viejo .
127	Leggett (1992)	A través de la relación color-luminosidad para estrellas del disco joven .
63	Leggett (1992)	A través de la relación color-luminosidad para estrellas del halo galáctico .

Tabla 2

cinemática no podemos descartar que pertenezcan al disco joven.

Usando las tablas de Mamajek obtuvimos una masa de 0,5 masas solares (MSol). Además utilizamos varias referencias más: usando la relación masa-luminosidad de Henry & McCarthy (1993) obtuvimos una masa de $0,48 \pm 0,08$ MSol mientras que mediante la relación masa-luminosidad de Delfosse et al. (2000) la masa fue de 0,45 MSol. Para este trabajo, por tanto, adoptamos una masa de 0,48 MSol.

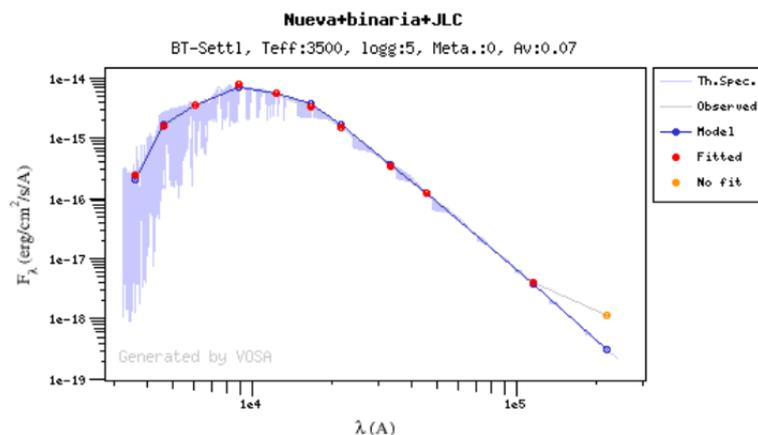


Figura 4. Distribución espectral de energía obtenida con la herramienta VOSA, usando la fotometría del SDSS, 2MASS y WISE. En la cabecera aparecen los valores determinados por VOSA para la T_{eff} , $\log g$ y metalicidad.

Por último utilizamos la herramienta VOSA, del Observatorio Virtual Español (SVO). Esta herramienta permite obtener la distribución espectral de energía en base a los datos fotométricos de la estrella ($A_v = 0,07$) y que se muestra en la figura 4. Para ello se utilizó el modelo BT-Settl (Allard, Homeier & Freytag 2012) para T_{eff} entre $[2600,4500]^\circ\text{K}$, $\log g$ entre

[4,0, 5,0] y metalicidad solar. También muestra un espectro sintético. El modelo obtuvo $T_{\text{eff}} = 3500 \pm 50$ K y $\log g = 5,00 \pm 0,25$. El valor de T_{eff} corresponde con una estrella M2V, en total acuerdo con el tipo espectral determinado por otros medios.

2.2. La componente secundaria (USNO-B1.0 1154-00564257).

La componente secundaria aparece en la base de datos SIMBAD con la denominación USNO-B1.0 1154-00564257. Afortunadamente, el catálogo SDSS cubre esta zona del cielo, ofreciéndonos sus resultados fotométricos. Esto permite hacer su estudio astrofísico. Para este estudio astrofísico, utilizamos por primera vez diversas herramientas (gráficos o relaciones empíricas) para determinar la magnitud absoluta de la enana blanca y por tanto su distancia a nosotros. Dependiendo de si estamos ante una enana blanca con atmósfera pura de hidrógeno (enana blanca tipo DA) o pura de Helio (tipo DB) los datos pueden variar ligeramente. Está fuera del alcance de nuestras posibilidades determinar si estamos ante una enana blanca DA o DB. En la tabla 3 resumimos nuestros resultados.

En base a las estimaciones de luminosidad y distancia, asumimos valores de $M_V = 15,25$ y una distancia de 72 ± 6 pc. Usando las tablas de Bergeron *et al.* (1995) determinamos una $T_{\text{eff}} = 4500-5000$ K, una masa de $0,59$ MSol, y una edad de en torno a 6 Giga-años, para una atmósfera pura de Hidrógeno. Mientras que para una atmósfera pura de Helio, obtuvimos $T_{\text{eff}} = 5100-5200$ K, una masa de $0,57$ MSol, y una edad de en torno a 5 Giga-años.

Para arrojar luz sobre la progenitora de la enana blanca utilizamos la relación masa inicial-final de Catalán *et al.* (2008b). La progenitora tenía una masa de $1,62 \pm 0,05$ MSol y un tipo espectral F0V. La vida media en la secuencia principal de una estrella de este tipo espectral es de unos 3 Giga-años, valor que podemos considerar como un límite inferior de la edad del sistema estelar.

3. Medidas astrométricas.

En este trabajo obtuvimos mediciones as-

trómetricas en base a *surveys online* (DSS, Sky-Morph), catálogos astrométricos (GSC 2.3.2, WISE, SDSS) e imágenes CCD tomadas, a petición nuestra, por Massimo Caimmi (Loreto, Italia) y Rafael Benavides (Posadas, Córdoba). La guinda del pastel fue la obtención de imágenes desde, nada más y nada menos, que el Telescopio Nacional Galileo, un telescopio profesional de 3,6 metros situado en las Islas Canarias. Más adelante detallamos los pormenores del trabajo con este telescopio profesional.

En la tabla 4 (página siguiente) se listan las medidas astrométricas obtenidas para esta binaria. De derecha a izquierda se muestra la época de observación (época besseliana), el ángulo de posición, θ , con su error (expresado para el equinoccio 2000) y la distancia angular, ρ (con su error), el número de noches observadas, la fuente de donde procede, la apertura del telescopio (en metros), y los residuos O - C del ajuste lineal tanto en θ como en ρ .

3.1. Placas del Digitized Sky Survey.

Una web que nos asegura disponer de varias placas fotográficas digitalizadas es la web de *Mikulski Archive For Space Telescope* (MAST). Concretamente accediendo a la web <http://stdatu.stsci.edu/dss/> disponemos de placas fotográficas digitalizadas de todo el cielo tomadas en bandas *E* (rojo), *V* (visible), *J* (azul), *N* (infrarrojo) obtenidas con los telescopios Palomar y UK Schmidt. Las placas, de $6,5^\circ \times 6,5^\circ$ de campo, fueron digitalizadas por un densitómetro PDS a una escala de $1,7''/\text{píxel}$ para los estudios POSS, SERC y Quick-V del Palomar; y con una escala de $1,0''/\text{píxel}$ para los estudios POSS-II. Estas placas están disponibles de forma gratuita en formato FITS y GIF y son conocidas familiarmente como las "placas DSS". Nuestra consulta a la web citada, nos permitió obtener cinco placas fotográficas tomadas entre las épocas 1954 y 1995. Para obtener una digitalización en alta resolución ($1,01''/\text{píxel}$) de la placa de 1954 en banda *E*, accedimos a la web del Super Cosmos Sky Survey (<http://www-wfau.roe.ac.uk/sss/pixel.html>).

Estas imágenes fueron reducidas astrométricamente usando el programa *Astrometrica 4.8.2*. Ambas estrellas componentes se mostraban sin signos de saturación si bien echamos de menos una mayor rela-

ESTIMACIONES DE LUMINOSIDAD Y DISTANCIAS FOTOMÉTRICAS PARA LA ENANA BLANCA			
Mabs (*)	Distancia (pc)	Referencia	Notas
$15,5 \pm 0,2$	64	Bergeron, Wesemael & Beauchamp (1995)	Figura 8; para tipo DA; color <i>B - V</i>
$15,0 \pm 0,2$	81	Bergeron, Wesemael & Beauchamp (1995)	Figura 8; para tipo DB; color <i>B - V</i>
15,25	72	Bergeron, Wesemael & Beauchamp (1995)	Figura 6; color <i>V - I</i>
15,16	75	Salim (2004)	Fórmula 7 (relación color <i>B - V</i> con la luminosidad).
15,7	70 ± 15	Limoges, Lépine & Bergeron (2013)	Figura 5 (relación color <i>g - z</i> con la luminosidad en banda <i>g</i>)

(*) Banda *V* si no se indica de lo contrario.

Tabla 3

MEDICIONES ASTROMÉTRICAS							
Época	θ (°)	ρ (")	N	Fuente	Abertura (metros)	O-C (θ , °)	O-C (ρ , ")
1954,601	166,51 ± 0,42	27,21 ± 0,20	1	POSS-I Blue	1,2	0,62	-0,30
1954,601	165,87 ± 0,60	27,63 ± 0,30	1	POSS-I Red	1,2	-0,02	0,12
1991,757	165,80 ± 0,75	27,60 ± 0,38	1	GSC 2.3.2	1,2	-0,10	0,01
1992,658	165,75 ± 0,41	27,66 ± 0,20	1	POSS-II Blue	1,2	-0,15	0,07
1995,716	165,11 ± 0,41	27,77 ± 0,20	1	POSS-II N	1,2	-0,79	0,17
2000,727	165,59 ± 0,25	27,60 ± 0,07	1	SkyMorph	1,0	-0,31	-0,01
2001,681	165,97 ± 0,14	27,60 ± 0,04	3	SkyMorph	1,0	0,07	-0,01
2002,706	165,95 ± 0,16	27,64 ± 0,09	4	SkyMorph	1,0	0,05	0,02
2004,699	165,97 ± 0,12	27,66 ± 0,06	1	SDSS	2,5	0,07	0,04
2015,813	165,80 ± 0,31	27,48 ± 0,07	1	CAI	0,24	-0,11	-0,16
2015,863	165,93 ± 0,03	27,63 ± 0,01	1	TNG	3,6	0,00	0,00

Tabla 4

ción señal/ruido para la secundaria.

3.2. Imágenes CCD procedentes de SkyMorph.

Además de la web del MAST para consultar las placas del DSS, existen otras fuentes que podemos consultar. De todas las consultadas en este trabajo, apenas encontramos material para usar. Por ejemplo, la enorme cantidad de placas del Observatorio de la Universidad de Harvard están siendo digitalizadas por el Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian. Aunque encontramos decenas de placas fotográficas (algunas con épocas en torno al año 1900), ninguna tenía la suficiente profundidad como para observar a la débil componente secundaria. Incluso de haberse detectado en alguna placa, éstas no tenían una resolución adecuada para obtener una buena medida astrométrica.

Más suerte tuvimos al consultar las imágenes CCD del interesante proyecto SkyMorph (<http://skyview.gsfc.nasa.gov/skymorph/obs.html>) que proporciona acceso libre a las imágenes CCD ópticas generadas por el programa NearEarth Asteroid Tracking (NEAT). NEAT contiene 693,905 imágenes CCD (tomadas con posterioridad al 28 de marzo del 2010), cubriendo una gran parte del cielo. La misma región del cielo es generalmente observada varias veces durante la noche y es de nuevo visitada mensualmente y anualmente. Estas imágenes fueron adquiridas con la cámara CCD NEAT de 4096 x 4096 píxeles sobre un telescopio de amplio campo de 1 metro de diámetro ($f/2,2$) situado sobre el cráter Haleakal (Hawái). La

cámara fue fabricada en 1995 y tiene píxeles de 15 micras de tamaño.

Es la primera vez que nosotros publicamos mediciones procedentes de esta fuente. El programa Astrometrica, tiene problemas para abrir correctamente las imágenes FITS bajadas directamente de la web de SkyMorph, ya que éstas aparecen en negro sin que ninguna estrella haga acto de presencia. Revisamos los niveles de grises, pero sólo existían píxeles negros. Afortunadamente, sí es posible abrirlas sin problema con *REDUC*, *fv* y *Aladin*. Ya que nuestra idea es realizar la calibración y medición astrométrica usando el software *Astrometrica*, teníamos que buscar una solución al problema. Lo que hicimos fue abrir las imágenes FITS con *REDUC* y grabarlas en formato fits (extensión FTS). *Astrometrica* logró abrir correctamente estas imágenes regrabadas. Como era la primera vez que usábamos estas imágenes, se hizo necesario realizar ajustes con *Astrometrica* para obtener una configuración correcta. Hemos observado que no todas

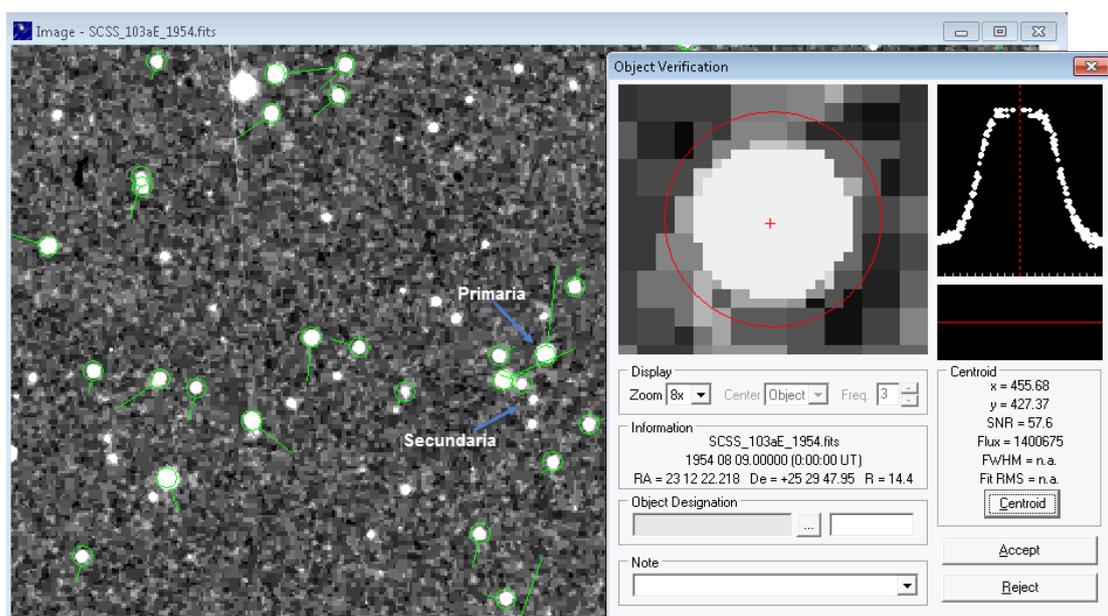


Figura 5. Placa fotográfica del DSS tomada en 1954 sensible al rojo. Se marca la posición de la primaria y secundaria con flechas azules. A la derecha, el PSF algo saturado de la primaria. Esta imagen fue obtenida desde la web del SuperCosmos Sky Survey.

las imágenes tienen igual resolución y encontramos dos posibles configuraciones: $F = 2664$ mm que arroja escalas de $1,01''/\text{píxel}$ y $F = 2300$ mm que proporciona una escala de $1,33''/\text{píxel}$.

Las medidas procedentes del proyecto NEAT, se indican en la tabla 4 con la fuente "SkyMorph".

3.3. Usando catálogos astrométricos.

Otra forma sencilla de obtener más información astrométrica para estudios sobre estrellas dobles consiste en usar diversos catálogos astrométricos cuyas medidas están calculadas con un marco de referencias adecuado (el IRCS). Catálogos válidos son los siguientes: AC2000, Tycho-2, GSC 1.2, GSC 2.3.2, CMC14, CMC15, 2MASS, SDSS, WISE, URAT1, y pueden ser accedidos a través de las herramientas VizieR y Simbad.

Para el presente par sólo hemos encontrado información astrométrica para ambas componentes en los catálogos GSC 2.3.2 (para la época 1991,757) y SDSS (para 2004,699). A través de las coordenadas AR y DEC de cada componente estelar, es posible determinar el ángulo de posición, θ , y la distancia angular, ρ , para nuestra doble. Para este cálculo utilizamos un programa informático llamado *RecToPol.exe* proporcionado por el CD que acompañaba al libro de Bob Argyle titulado "*Observing and Measuring Visual Double Stars*".

Las medidas procedentes de catálogos se indican en la tabla 4 con las fuentes "GSC 2.3.2" y "SDSS".

3.4. Imágenes CCD obtenidas para este trabajo.

Dado que en el momento del descubrimiento fue imposible realizar observaciones desde el observatorio de uno de los autores (Observatorio Cerro del Viento, MPC

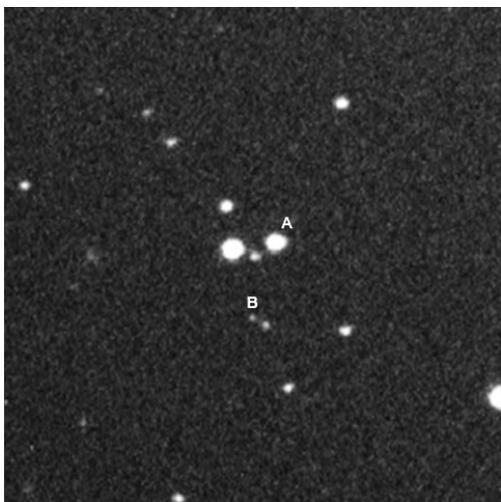


Figura 5. Suma de 26 imágenes sin filtro obtenidas por Massimo Caimmi (Observatorio Valdicerro, Loreto, Italia) para este trabajo la noche del 24 de octubre.

184, Badajoz, España) debido a las adversas condiciones meteorológicas, se solicitó ayuda al observador italiano Massimo Caimmi (Observatorio Valdicerro, MPC C93, Loreto, Italia) quien respondió atentamente a nuestra petición obteniendo la noche del 24 de octubre una serie de 26 imágenes sin filtro que fueron inmediatamente remitidas para su tratamiento. El Observatorio de Valdicerro posee un telescopio C9,25 y una cámara CCD Atik 314L, con la que se obtiene una focal de 1550 mm y una resolución de $0,86''/\text{píxel}$.

Además, y dada la necesidad de obtener más imágenes para confirmar la astrometría obtenida, también se solicitó ayuda al veterano observador Rafael Benavides Palencia (Observatorio Posadas, J53, Córdoba, España), quien la observó la noche del 11 de noviembre. Benavides trabaja, entre otros, con un C11 y una cámara CCD QHY9, habiendo obtenido esa noche una resolución de $0,83''/\text{píxel}$ con una focal de 1345 mm (con reductor de focal).

3.5. Gestiones para obtener imágenes desde el Telescopio Nacional Galileo del IAC.

A comienzos de noviembre uno de los autores (Francisco Rica Romero) contactó con el Dr. Rafael Barrena, un colega astrofísico que trabaja en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), y le comentó sobre la posibilidad de obtener imágenes de la binaria desde el telescopio IAC80. Nos comentó que, por cambios en el funcionamiento de este observatorio, era necesario que un observador subiera físicamente al Teide, por lo que descartamos esta posibilidad. El 2 de noviembre, el Dr. Barrena nos dio otra opción: él disponía de dos noches de observación (el

EL TELESCOPIO NACIONAL GALILEO DEL IAC

A photograph of the Telescopio Nacional Galileo del IAC (TNG) at sunset. The telescope is a large, complex structure with a central opening where the primary mirror is located. The sky is a mix of orange and blue, indicating the time is either dawn or dusk. The telescope is mounted on a concrete base with a walkway leading up to it.

EL TNG, con sus 3,6 metros de diámetro, es el telescopio italiano más grande en los rangos visible e infrarrojo. Perteneció, y está financiado, por el Instituto Nacional Italiano de Astrofísica (INAF). Desde 2005 está dirigido por la "Fundación Galileo Galilei, Fundación Canaria", una empresa sin ánimo de lucro. Aunque el proyecto de su construcción nació en 1982, finalizó en 1996. Su longitud focal es de 38,5 metros ($f/11$). Los espejos del TNG están entre las mejores superficies ópticas jamás construidas para astronomía. La combinación de la calidad óptica de los tres espejos permite contener el 80% de la energía en tan solo 0,11 segundos de arco.

10 y 11 de noviembre) en el Telescopio Nacional Galileo (situado en el Observatorio Roque de los Muchachos, en La Palma) y nos comentó que no era problema dedicar parte de su tiempo de observación a obtener varias imágenes CCD. Como ya hemos comentado, se trata de un telescopio de, nada menos, que 3,6 metros de diámetro ¡No dábamos crédito! Aunque en alguna otra ocasión hemos trabajado con otros telescopios profesionales del IAC, como el Telescopio Carlos Sánchez, de 1,5 metros, nunca se nos había ofrecido la posibilidad de trabajar con uno de semejante diámetro. Esta posibilidad era, como se puede comprender, todo un sueño hecho realidad.

La primera de las noches se estropeó debido a la presencia de nubes altas. A pesar del contratiempo aún teníamos otra posibilidad la noche siguiente. Sin embargo recibimos un jarro de agua fría: al comienzo de la noche estaba nublado y había mucha humedad. Empezábamos a perder las esperanzas. Pero, ya en la mañana del 12 de noviembre, Francisco Rica leyó en su *Whatsapp* un mensaje procedente del Dr. Barrena que decía: "*¡Has tenido suerte! Se acaba de despejar y la he observado justo al límite*". ¡Nos os podéis ni imaginar la enorme alegría que sentimos!

El 11 de noviembre de 2015, entre las 23:06 y 23:12 TU, se obtuvieron 5 imágenes CCD de 30 segundos de exposición con filtro *SDSS-g*. El *seeing* durante la observación fue muy bueno, de 1,0" aproximadamente. La cámara usada fue la *DOLORES*, un instrumento que trabaja con reducción de focal con un chip E2V 4240 de 2048 x 2048 píxeles. Su tamaño de píxel es de 13,5 micras. Las medidas se realizaron con el software *Astrometrica* cuya calibración dio como resultado una longitud focal de 11.052 mm y una escala de 0,25" por píxel. Una porción de una de las imágenes se muestra en la figura 1 (página 37). Las medidas astrométricas fueron de una excelente calidad, con una dispersión realmente pequeña entre las cuatro imágenes. La primera de ellas se descartó porque el PSF de las estrellas mostraba una anchura que no se ajustaba al perfil de *Astrometrica*. Además la astrometría de esta imagen discrepaba fuertemente con respecto a las otras.

3.6. Asignando pesos a las medidas.

Para el estudio dinámico de un sistema binario, es necesario asignar un peso a cada una de las medidas astrométricas (de forma independiente para el ángulo de posición y la distancia angular). Los pesos fueron asignados en función del error astrométrico (σ) mediante la expresión $1/\sigma^2$. Basado en varios resultados anteriores (con componentes primarias muy brillantes y, por tanto, saturadas), las medidas astrométricas usando placas fotográficas del DSS, tienen unos residuos medios O - C radiales (en distancia angular) y tangenciales (en ángulo de posición, $\rho \times \Delta\theta$) de unos 0,35". Para la binaria estudiada en este trabajo, las componentes son débiles y aparecen sin saturar en tres placas. Asumimos un error radial y tangencial de 0,20" para estas placas (error que confirmamos posteriormente). Para la placa POSS-I Red, la componente enana roja aparecía ligeramente saturada y le asignamos un error astrométrico mayor (0,30").

Para las medidas procedentes del catálogo GSC

2.3.2, se utilizaron los errores para AR y DEC listados en el mismo catálogo. Los errores, tanto en la medida de θ como ρ , fueron determinados usando una simulación Monte Carlo con 25.000 ejecuciones, realizada con una nueva herramienta MS Excel (*MC_diff_astrometry_using_AR_DEC.xls*) realizada por Francisco Rica. Este desarrollo Monte Carlo tenía como datos de entrada las coordenadas AR y DEC (junto con sus errores) para ambas componentes estelares. Para cada simulación se calcularon los valores θ y ρ . Finalmente, se dedujeron las desviaciones estándar de todas las ejecuciones. Para la medida procedente del catálogo SDSS, ignoramos los errores de AR y DEC listados en su catálogo. En este caso utilizamos los errores medios para este catálogo, indicados en su documentación (0,05-0,06"). En cuanto a las medidas obtenidas usando imágenes del proyecto SkyMorph, calculamos la media y la desviación estándar para las imágenes tomadas en una estación meteorológica. Para la medidas CCD obtenidas para este estudio (tanto las de M. Caimmi y Rafael Benavides como las obtenidas desde el TNG), los errores fueron las desviaciones estándar de las diferentes medidas individuales obtenidas con imágenes simples.

4. Estudio dinámico.

Estudiamos el movimiento relativo y proyectado de la componente secundaria con respecto a la primaria. Realizamos un ajuste lineal ponderado para analizar los cambios con respecto el tiempo, tanto en θ como en ρ (figura 6). Para el estudio dinámico usamos las 11 medidas astrométricas de la tabla 4 (página 42), con una línea base temporal de 61 años. En la tabla 5 mostramos todos los parámetros de posición y dinámicos obtenidos. Para realizar este estudio utilizamos otra de las herramientas Excel diseñadas por Francisco Rica, llamada *Relative Motion Calculator v5.27.xls* (Rica 2015).

Para la época media de 1985,232, el cambio del ángulo de posición con respecto el tiempo, $d\theta/dt$, y la separación angular con respecto el tiempo, $d\rho/dt$, resultó ser de $-0,001 \pm 0,002$ %/año y $1,3 \pm 1,0$ msa/año. Los pequeños errores en estos parámetros dinámicos son en gran parte debidos a la gran precisión de la medida astrométrica obtenida con el TNG. Aun así, los cambios en θ y ρ son tan pequeños, similares o menores a los errores, que podemos decir que no hemos detectado movimiento relativo significativo.

El movimiento relativo total lo calculamos de dos formas diferentes. Una de ellas, utilizando la siguiente expresión:

$$\Delta\mu = \sqrt{\left(\rho \frac{d\theta}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2} \quad (1)$$

mediante la que obtuvimos $\Delta\mu=1,5$ msa/año. El movimiento relativo también puede ser calculado analizando la evolución de las coordenadas cartesianas (x , y) con respecto el tiempo (dx/dt y dy/dt). Para

ello transformamos los pesos de las coordenadas polares (θ , ρ) en pesos para las coordenadas cartesianas siguiendo el trabajo de van den Bos (1932):

$$\frac{1}{w_y} = \frac{\sin^2 \theta}{w_\theta} + \frac{\cos^2 \theta}{w_\rho} \quad \text{and} \quad \frac{1}{w_x} = \frac{\cos^2 \theta}{w_\theta} + \frac{\sin^2 \theta}{w_\rho} \quad (2)$$

De esta forma obtuvimos $\Delta\mu = 1,7 \pm 1,0$ msa/año, valor casi coincidente con el calculado en base a las coordenadas polares.

DATOS ASTROMÉTRICOS, DINÁMICOS Y DE VELOCIDAD			
Época Media	1985,232		
θ (°)	165,97	\pm	0,07
ρ (")	27,59	\pm	0,03
x (UA).[E-O]	568	\pm	100
y (UA).[N-S]	-2275	\pm	401
d ρ /dt (msa/año)	1,28	\pm	1,00
d θ /dt (°/año)	-0,001	\pm	0,002
dx/dt (msa/año).[E-O]	0,9	\pm	1,2
dy/dt (msa/año).[N-S]	-1,4	\pm	1,1
Vx (km/s).[E-O]	0,4	\pm	0,5
Vy (km/s).[N-S]	-0,6	\pm	0,5
Vtan (km/s)	0,7	\pm	0,7
Vesc_max (km/s)	0,9	\pm	0,1
Masa A (MSol)	0,5	\pm	0,05
Masa B (MSol)	0,6	\pm	0,06
Distancia (pc)	85	\pm	15

Tabla 5

5. ¿Estamos ante un par unido gravitacionalmente?

A continuación detallamos varias evidencias que nos hacen pensar que estamos ante un sistema estelar con relación física y gravitacionalmente unido.

5.1 Movimiento propio común (MPC).

El catálogo PPMXL muestra unos altos movimientos propios muy similares para ambas componentes de este par. El movimiento propio de la primaria es de $\mu(\alpha) = +96,2 \pm 4,1$ msa/año y $\mu(\delta) = -210,0 \pm 4,1$ msa/año, mientras que la diferencia en los movimientos propios de las componentes es de sólo +2,2 y -1,7 msa/año para AR y DEC respectivamente.

Según el criterio de Hablwachs (1986) este par de estrellas posee movimiento propio común (MPC) y el valor $T = \rho / \mu = 119$ años. Según Hablwachs el 99% de las binarias con $T < 1000$ están compuestas por estrellas con relación física. Otro tra-

bajo que utiliza los movimientos propios para diferenciar entre una posible estrella doble física u óptica es el publicado por Grocheva & Kiselev (1998). Estos astrofísicos determinaron que para valores $P = S/N < 0,01$ un par de estrellas puede considerarse física. En la fórmula, S es el número de estrellas con movimientos propios con valores entre esos de la primaria y de la secundaria, en un determinado área del cielo; y N es el número de estrellas en esa área del cielo. Consultamos los catálogos UCAC4 y PPMXL, y probamos con áreas del cielo de radio 1 y 5 grados. Obtuvimos valores de $P \leq 0,0006$ concluyendo, por tanto, que ambas estrellas están relacionadas físicamente.

5.2 Distancia común.

Ya tratamos la determinación de las distancias de la componente primaria y la secundaria en un apartado anterior. Para la primaria (la enana roja M2V) hemos adoptado una distancia de unos 95 ± 10 pc mientras para la secundaria (la enana blanca) una distancia 72 ± 6 pc. Teniendo en cuenta los márgenes de error, no podemos descartar que ambas estrellas estén a la misma distancia. De hecho una posible distancia para el sistema sería de unos 80-85 pc.

5.3 La mecánica celeste y la evolución dinámica.

La mecánica celeste puede ser usada para determinar la velocidad de escape (V_{esc}) del sistema y compararla con la velocidad relativa tangencial (V_{tan}) observada con respecto a la componente A. Este procedimiento es descrito en detalle en un trabajo anterior publicado por uno de los autores (Rica, 2011). Ya que el radio-vector, r , es desconocido, para determinar la V_{esc} usamos su proyección sobre el plano del cielo, $s = 2345 \pm 414$ ua. Esto significa que sólo podemos calcular el límite superior de V_{esc} , es decir, para una órbita circular y de cara a nosotros (donde $r = s$). El valor de $V_{esc} = 0,9 \pm 0,1$ km/s. Usando el movimiento relativo, calculamos $V_{tan} = 0,7 \pm 0,4$ km/s. La detección de V_{tan} es bastante débil (nivel de significancia de 1σ) debido a un movimiento relativo muy pequeño y muy poco significativo. Aun así, usamos una aproximación Monte Carlo para obtener una relación gravitacionalmente unida en el 59% de las simulaciones.

Para una órbita circular, el máximo movimiento orbital para el ángulo de posición es de $0,003^\circ$ /año (órbita de cara a nosotros) o de $0,002''$ /año (órbita de canto). En base a esto, los parámetros dinámicos medidos para esta binaria son altamente compatibles con estos límites orbitales. El periodo orbital sería de unos 108.000 años, si bien podría llegar a ser tan pequeño como 38.000 años (correspondiendo a una órbita con excentricidad = 1 ya que el semieje mayor sería la mitad que ρ).

6. Conclusiones y discusión.

La nueva binaria descubierta muestra unos datos fotométricos y cinemáticos (movimientos propios)

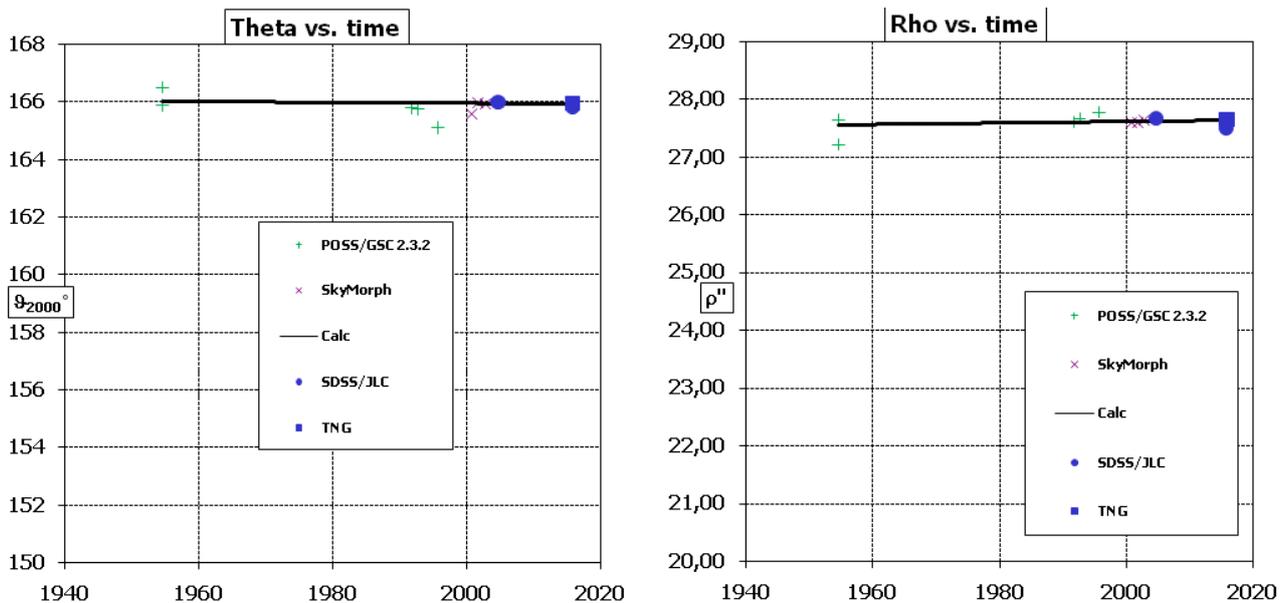


Figura 6. Movimiento relativo de la componente B con respecto a A para el ángulo de posición (izquierda) y distancia angular (derecha). Dentro de los márgenes de error no hemos detectado ningún movimiento relativo (ver Tabla 5).

concluyentes con una enana M2V y una enana blanca con $T_{\text{eff}} = 5100$ K situadas a una distancia de unos 85 pc. En base al tipo espectral de la estrella progenitora de la enana blanca, es sorprendente saber que al principio, CRB 220 estaba compuesta por estrellas F0V+M2V (la primaria es la futura enana blanca) con una diferencia de ≈ 8 magnitudes! Con el paso del tiempo, y tras convertirse la estrella F0V es una gigante roja, pasaría a ser un sistema M2V+WD (ahora la enana blanca es la estrella menos brillante). Las diversas medidas de la astrometría relativa (distancia angular y ángulo de posición) indican que ambas estrellas están separadas por una distancia física proyectada (s) de unos 2345 ua (0,01 pc). Nuestro estudio dinámico no ha podido detectar ningún movimiento relativo significativo entre las dos estrellas. Aun así los parámetros dinámicos son compatibles con un movimiento kepleriano (es decir, orbital). En las figuras 7 y 8 mostramos unos diagramas de movimiento propio con las mediciones astrométricas y sus errores junto con la tendencia lineal con respecto al tiempo (línea naranja). También se muestra la trayectoria que seguiría la estrella secundaria si fuera un objeto de fondo sin movimiento propio (líneas rojas). Delimitamos el rango del movimiento orbital (líneas azules) para θ mediante una órbita circular ($e = 0$) y de cara a nosotros ($i = 0^\circ$). El movimiento orbital para ρ lo delimitamos mediante una órbita circular y de canto ($i = 90^\circ$). Procediendo de esta forma, obtuvimos los movimientos orbitales máximos para el sistema. Concluimos que las mediciones astrométricas muestran cambios compatibles con el movimiento orbital.

Como en la vida misma, ninguna unión es eterna y durante la vida de una binaria separada, los numerosos encuentros de estrellas que pasan relativamente cerca, las nubes moleculares gigantes y las fuerzas de marea galáctica constituyen la fuente más importante de rotura del enlace gravitatorio entre las estrellas de

una binaria. Las fuerzas de marea galáctica sólo afectan a las binarias más separadas (con separaciones de varias decenas de miles de ua). Weinberg, Shapiro & Wasserman (1987) realizaron un estupendo estudio de la evolución dinámica y supervivencia de los sistemas binarios separados. Este trabajo hoy en día es usado como referencia para los que tratan la evolución dinámica de sistemas estelares. La edad del sistema es de al menos 3 Giga-años (la edad de la progenitora de la enana blanca). En la figura 6 del trabajo de Weinberg et al. (1997), binarias como CRB 220, tendrían una probabilidad de supervivencia de un 95% aproximadamente, si tuvieran la edad del Sol (unos 5 Giga-años). En este caso sería un sistema casi inmune a perturbadores externos. En base a los resultados dinámicos cabe esperar dos escenarios: (1) CRB 220 actualmente es un sistema gravitacionalmente unido o (2) hemos cogido al sistema justo en la fase de desintegración. Pero dado lo poco probable de que esto suceda, y menos aún en estos momentos, lo más probable es que estemos ante un sistema gravitacionalmente unido.

Agradecimientos

A Massimo Caimmi y Rafael Benavides Palencia por su disponibilidad a la hora de dedicar parte de su tiempo de observación para obtener imágenes CCD desde sus respectivos observatorios, lo que ha permitido obtener datos precisos para los cálculos astrométricos realizados en el presente estudio.

This research has made use of the SIMBAD database, operated at CDS, Strasbourg, France. This research has made use of the VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France. The original description of the VizieR service was published in A&AS 143, 23. This research has made use of "Aladin sky atlas" developed at CDS, Strasbourg Observatory, France. ©

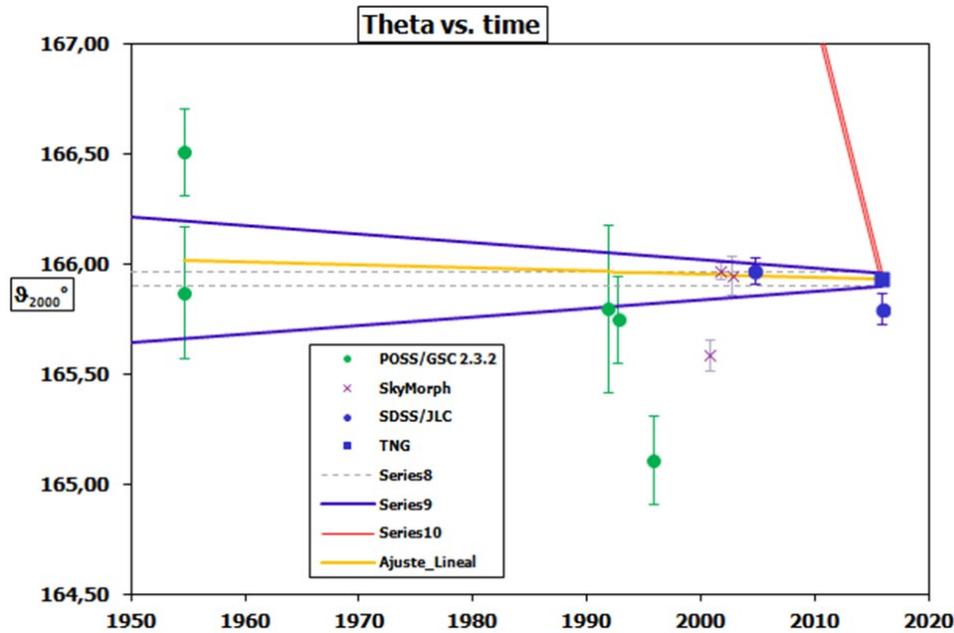


Figura 7. Gráfico donde mostramos las mediciones de θ con sus errores (1σ); la trayectoria (en rojo) seguida por la secundaria, si fuera un objeto de fondo sin movimiento propio; el movimiento orbital (máximo) para una órbita circular y de cara a nosotros (líneas azules); la trayectoria seguida por las observaciones y obtenida mediante el ajuste lineal (línea naranja). El co-movimiento (movimiento propio común) se indica con líneas a trazos de color gris.

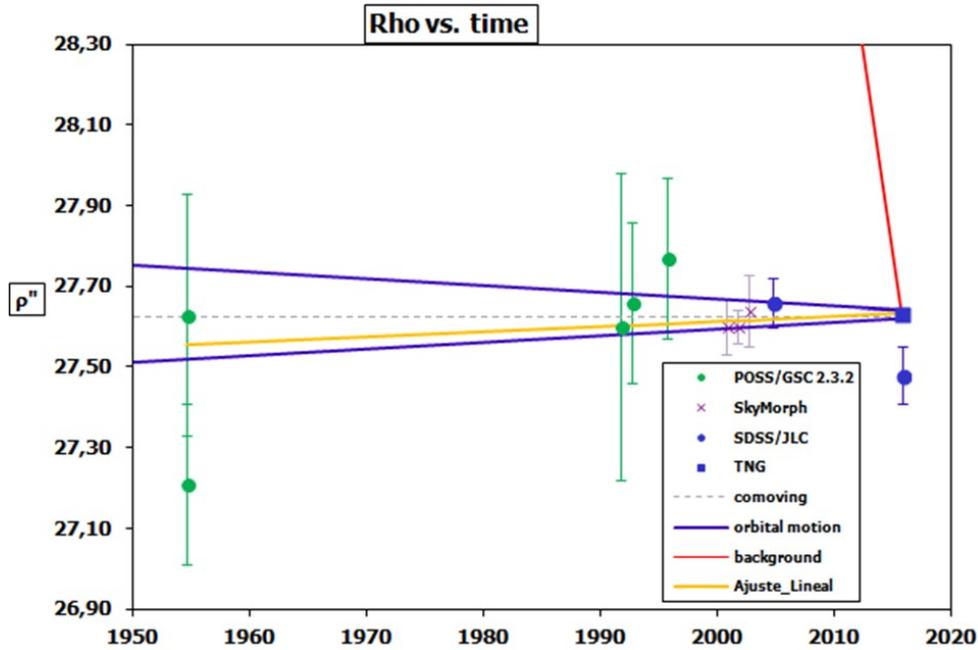


Figura 8. Mismo gráfico que el anterior pero para ρ .

Referencias

Ahn, C. P. et al., 2012, ApJS, 203, 21

Anthony-Twarog, B. J.; Twarog, B. A., 1994, AJ, 107, 1577

Augusteijn, T.; Greimel, R.; van den Besselaar, E. J. M.; Groot, P. J.; Morales-Rueda, L., 2008, A&A, 486, 843

Boch, T.; Fernique, P., 2014, ASPC, 485, 277

Bergeron, P.; Wesemael, F.; Beauchamp, A., 1995, PASP, 107, 1047

Bonnarel, F. et al., 2000, A&AS, 143, 33

Catalán, S.; Isern, J.; García-Berro, E.; Ribas, I.; Allende, Prieto C.; Bonanos, A. Z., 2008a, A&A, 477, 213

Catalán, S.; Isern, J.; García-Berro, E.; Ribas, I., 2008b, MNRAS, 387, 1693

Delfosse, X. et al., 2000, A&A, 364, 217

Dhital, S.; West, A. A.; Stassun, K. G.; Bochanski, J. J., 2010, AJ, 139, 2566

Digby, A. P.; Hambly, N. C.; Cooke, J. A.; Reid, I. N.; Cannon, R. D., 2003, MNRAS, 344, 583

Grocheva E. & Kiselev A., 1998, ASP Conferences Series, 145

Halbwachs, J. L., 1986, A&AS, 66, 131

Henry, T. J. & McCarthy, 1993, AJ, 106, 773
 Henry, T. J.; Philip A. I.; Kirkpatrick J. D.; Jahreiss H., 1997, AJ, 114, 388
 Henry, T.J. et al., 2004, AJ, 128, 2460
 Ivezić, B. S. Z.; Juric, Mario, 2008, ApJ, 689, 1244
 Jester, S. et al, 2005, AJ, 130, 873
 Jones E. M., 1972, ApJ, 173, 671
 Jordi, K.; Grebel, E. K.; Ammon, K., 2006, A&A, 460, 339
 Leggett, S. K., ApJSS, 1992, 82, 351
 Lépine, S.; Gaidos, E., 2011, AJ, 142, 138L
 Limoges, M.-M.; Lépine, S.; and Bergeron, P., 2013, AJ, 145, num. 5
 Mason, B. D.; Wycoff, G. L.; Hartkopf, W. I.; Douglass, G. G.; Worley, C. E., 2001, AJ, 122, 3466
 Nelson, C. A.; Cook, K. H.; Axelrod, T. S.; Mould, J. R.; Alcock, C., 2002, ApJ, 573, 644
 Rica, F. M., 2011, JDSO, 7, 254
 Rica, F. M., 2015, OED, 14, 61
 Eggen, O. J., 1969a, PASP 81, 741
 Eggen, O. J., 1969b, PASP 81, 553
 Roeser, S.; Demleitner, M.; Schilbach, E., 2010, AJ, 139, 2440
 Salim, S., 2004, ApJ, 601, 1075
 Schlafly, E. F.; Finkbeiner, D. P.; 2011, ApJ, 737, 103
 Skrutskie, M. F. et al., 2006, AJ, 131, 1163
 van den Bos, W.H., 1932, CiUO, 86, 261
 Weinberg, M. D.; Shapiro, S. L.; and Wasserman, I., 1987, ApJ, 312, 367
 Wenger, M. et al., 2000, A&AS, 143, 9
 West, A. A. et al., 2008, AJ, 135, 785
 Zacharias, N.; Finch, C. T.; Girard, T. M.; Henden, A.; Bartlett, J. L.; Monet, D. G.; Zacharias, M. I.; 2013, AJ, 145, 44
 Zhang, Z. H. et al, 2013, MNRAS, 434, 1005

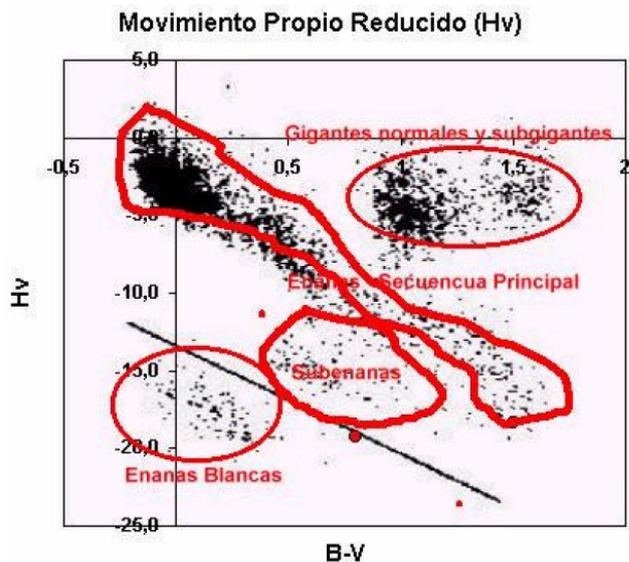
ANEXO I

Diagramas de movimiento propio reducido

Una de las herramientas más utilizadas por los profesionales actuales para seleccionar candidatas a estrellas subenanas o enanas blancas son los diagramas de Movimiento Propio Reducido. El concepto de estos diagramas fue usado por primera vez por Hertzprung y más tarde por Luyten en 1922. El movimiento propio reducido (H) se define como:

$$H = m + 5 * \log(\mu) + 5 = M + 5 * \log(Vt)$$

Donde **m** es la magnitud aparente, **μ** es el movimiento propio total, **M** la magnitud absoluta y **Vt** la velocidad tangencial (proyección del movimiento espacial sobre la bóveda celeste expresado en km/s). El movimiento propio reducido relaciona las cantidades observadas **m**



y **μ** con las cantidades intrínsecas **M** y **Vt**. Por tanto H toma valores elevados cuanto más débil sea la estrella y/o cuanto mayor sea su velocidad.

Por tanto cabe esperar que las poblaciones estelares con cinemáticas y/o luminosidades diferentes muestren un desplazamiento sistemático en estos diagramas. Así es posible distinguir entre las enanas de la población I (la población estelar situada en el disco galáctico) y las subenanas de la Población II (situadas en el halo galáctico). Algunos diagramas se atreven incluso a distinguir entre subpoblaciones del disco: disco joven y disco viejo. Pero también vemos cómo el parámetro H es dependiente de la magnitud absoluta, por tanto es de esperar que veamos desplazamientos sistemáticos para poblaciones estelares con luminosidades diferentes. Las enanas de disco se diferenciarán de las enanas del halo por 1-2 magnitudes absolutas para estrellas con el mismo color. Y por supuesto las enanas se diferencian aún más de las gigantes, ya que existe una diferencia de varias magnitudes absolutas. Para las enanas blancas el carácter diferenciador es la débil luminosidad de estas estrellas junto con su habitual color azul-blanco (aunque existen enanas blancas frías y por tanto de color rojo).

Si observamos el diagrama H-R veremos como una estrella de la secuencia principal y una enana blanca, ambas con la misma temperatura, poseen magnitudes absolutas totalmente diferentes (debido a la gran diferencia de tamaño) y, por tanto, se muestran claramente diferenciadas en el diagrama de movimiento propio reducido: podemos ver que existe una cierta dispersión en la zona de las enanas blancas para una misma temperatura. Esta es debida a las diferentes poblaciones de las que provienen ya que hay enanas blancas procedentes del disco galáctico (fino y grueso) y enanas blancas del halo y esto significa que no todas tienen la misma luminosidad ni la misma velocidad espacial (esto mismo sucede en la zona del diagrama poblado por estrellas gigantes). Las gigantes rojas también son claramente distinguibles en estos diagramas si bien no es posible distinguir entre los diferentes tipos de gigantes rojas (normales, brillantes, supergi-

gantes).

Pero, ¿realmente qué representa el valor H? El valor H representa la magnitud aparente que tendría la estrella si estuviera situada a una distancia para la cual el movimiento propio es de $0''1/\text{año}$.

Diagrama de Eric M. Jones (1972)

El interés de este diagrama (mostrado en la figura de este Anexo) radica en la validez para todo el rango de colores B-V. En otros diagramas sólo se muestra la parte relacionada con las estrellas enanas rojas, subenanas y enanas blancas.

En la parte superior derecha vemos una nube de puntos. Estas corresponden a las estrellas gigantes como por ejemplo las gigantes normales (clase de luminosidad III), las gigantes brillantes (clase de luminosidad II) y algunas gigantes superbrillantes. Ya que la nube tiene una altura de unas 5 magnitudes y la diferencia entre estrellas gigantes de tipo III y II suele ser de 2 a 4 magnitudes.

Tampoco es descartable la presencia de subgigantes en la parte inferior de esta banda (hay que tener en cuenta que parecen no existir subgigantes de espectro K0 o más tardío). Este tipo de diagramas es muy similar a un diagrama HR por lo que podemos usar la diferencia de magnitudes en un diagrama HR para obtener alguna deducción. Con esto podemos comprender que en esta nube formada por diferentes tipos de gigantes, las gigantes brillantes deben estar en la parte alta de esta nube entorno a $H_v = 0$. Esto debe ser así ya que por ejemplo una enana M0V tiene una $M_v = +9$ por término medio (las diferentes edades de las estrellas producen dispersión en M_v para cada tipo

espectral) y una gigante brillante M0 Ia tiene un $M_v = -7$, por lo que la diferencia en brillo de estas dos estrellas será de 16 magnitudes. Esta diferencia también debe reflejarse aproximadamente en el diagrama de movimiento propio reducido. Si vemos en este diagrama una enana M0V ($B-V = +1,5$) tiene un H_v en torno a +16 por lo que si restamos la diferencia de 16 magnitudes. Comprobamos que una M0Ia debe tener H_v en torno a 0. Y si representamos en el gráfico un valor $B - V = +1,5$ y $H_v = 0$ vemos que está situada en la parte superior de la nube de las gigantes. Esta mezcla de gigantes es el motivo para no poder asegurar que si una estrella cae en esta nube sea una gigante de tipo II, aunque realmente es lo más probable.

Luego vemos una nube larga que va desde la parte superior izquierda a la inferior derecha. Esta es la nube correspondiente a las estrellas enanas de la secuencia principal. La dispersión en la nube es producida por la diferente edad de las estrellas. Se debe tener en cuenta que varias estrellas con el mismo color B-V, pueden tener muy diferentes edades. Esto se refleja en la magnitud (son más débiles las más viejas) y en su cinemática, siendo más veloces con respecto al Sol, las más viejas, por lo que suele significar un mayor movimiento propio y por tanto un mayor H_v . Por ello las estrellas más viejas suelen colocarse, dentro de una nube, en la parte inferior.

La nube situada más abajo está compuesta por subenanas, es decir estrellas como las enanas sólo que mucho más viejas: y por tanto más débiles en brillo y con movimientos propios mayores (por eso aparecen desplazadas hacia abajo en el diagrama).

Por último, la nube inferior izquierda está compuesta por estrellas enanas blancas.

Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica Lucky Imaging con filtro IR Pass (Segunda serie)

Close Double Stars measurements using Lucky Imaging technique with IR-Pass Filter (2nd Series)

Rafael Benavides Palencia

- Observatorio Posadas (IAU MPC J53), Agrupación Astronómica de Córdoba (España), Co-editor de El Observador de Estrellas Dobles (OED)
- Correo-e: rafaelbenpal@gmail.com

Continuando con el proyecto de observación de dobles cerradas mediante la técnica de *lucky imaging* que se inició en años anteriores, presentamos las medidas obtenidas durante 2013 y 2014.

We present the measurements obtained during the years 2013 and 2014, continuing the observation project of close binaries by lucky imaging technique that began in previous years.

Introducción.

DESDE QUE HACE ALGUNOS AÑOS hice las primeras pruebas en la técnica de *lucky imaging* en la observación de estrellas dobles, he continuado centrado en el mismo proyecto, intentando siempre ir un poco más allá llegando a parejas más débiles. El objetivo final ha sido siempre medir sistemas cerrados y poco observados, como algunos de los descubiertos por la misión Hipparcos y que aún están pendientes de confirmar. Desgraciadamente esta técnica está muy limitada por nuestra atmósfera y pocas son las noches que tenemos especialmente estables que nos permiten llegar a esas magnitudes. Lo que suele ser normal, debido a la turbulencia, son exposiciones muy cortas que limitan nuestras observaciones a sistemas brillantes y muy observados. No obstante, el simple hecho de desdoblarse esas parejas tan difíciles produce una emoción muy especial que pocas veces he sentido en otro tipo de observaciones.

El equipo

El telescopio usado fue un Celestron Schmidt-Cassegrain de 280 mm de diámetro y una distancia focal de 2800 mm, que se encuentra sobre una montura Losmandy G11, motorizada y computerizada mediante el sistema Gemini.

Como telescopio guía se usó un pequeño refractor acromático Skywatcher de 80 mm de diámetro y distancia focal de 400 mm. Este pequeño telescopio se encuentra montado sobre el Schmidt-Cassegrain.

La elección de la cámara estuvo precedida de una pequeña investigación por la red buscando el chip más sensible en la zona del infrarrojo. Nos interesa el sensor más sensible en la menor cantidad de tiempo posible. Es decir, hay cámaras donde tras minutos de integración podemos llegar a la magnitud 19, pero nosotros no vamos buscando eso. Nuestro interés se centra en aquellas donde con integraciones de milisegundos podamos llegar a las magnitudes más débiles posibles. Evidentemente hay cámaras ultrasensibles a unos precios muy elevados, en nuestro caso optamos por una opción bastante económica: DMK21AU618. Esta cámara contiene el sensor de Sony ICX618ALA. Si lo comparamos con otros, vemos que es el que tiene mayor eficiencia cuántica con un máximo de sensibilidad en torno a los 600 nm, que se corresponde con la zona anaranjada y roja del espectro visible (figura 1, página siguiente). Tiene un tamaño de píxel de 5,6 μm x 5,6 μm .

Para paliar en la medida de lo posible los efectos de la turbulencia, trabajamos en el rango del infrarrojo gracias al filtro IR Pass de Baader Planetarium. Como vemos en el gráfico, empieza a tener transmitancia a partir de los 650 nm, alcanzando valores del 90% a partir de los 700 nm (figura 2, página siguiente).

Si comparamos los gráficos de la sensibilidad del sensor de la cámara y de la transmitancia del filtro IR Pass, vemos como la longitud de onda ideal en la que vamos a trabajar es a 700 nm, donde el chip tiene valores de eficiencia cuántica del 90%.

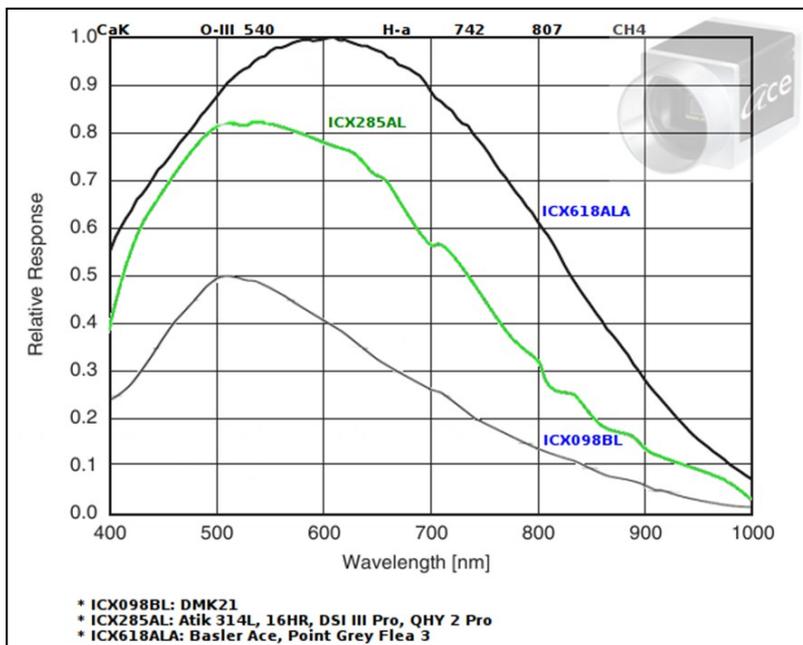


Figura 1. Comparativa de la eficiencia cuántica según longitud de onda de algunos de los sensores más usados en las cámaras comercializadas. Como podemos comprobar, el sensor ICX618ALA es el que tiene mejor respuesta, sobre todo en la zona del IR.

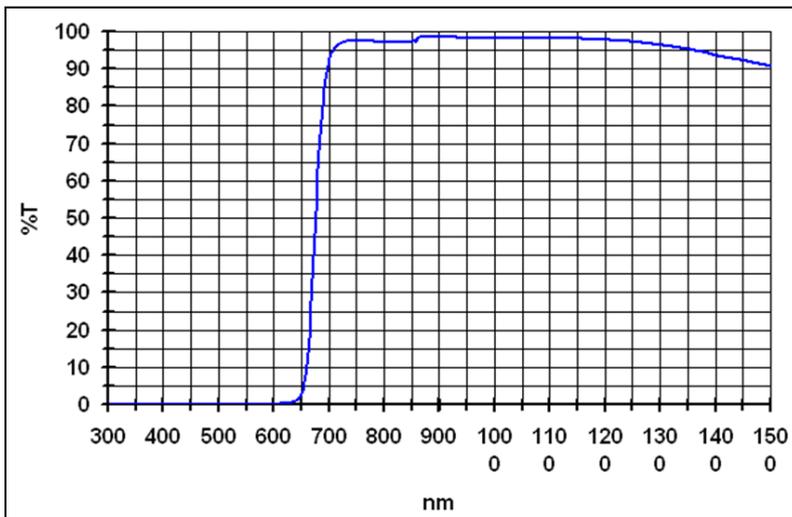


Figura 2. Transmitancia del filtro IR Pass de Baader Planetarium.



Para conseguir la máxima resolución posible alargaremos la focal gracias a una barlow 2x. Con esta combinación conseguimos trabajar a $0,17''/\text{píxel}$. Una mejor idea de esta resolución la podemos comprender con esta imagen de los cráteres Hércules y Atlas, obtenidos con el mismo equipo en una noche dedicada también a estrellas dobles (figura 3).

Obtención de imágenes

Para la localización de nuestras estrellas dobles es muy recomendable disponer de una montura con GoTo. De todos modos, a esas resoluciones no esperemos que las estrellas caigan en el campo de la cámara en un primer intento. Para ayudarnos en nuestra tarea de localizar cualquier sistema, por débil que sea, nos ayudaremos del telescopio guía. Para ello, utilizaremos otra cámara, en mi caso la QHY-5 en dicho telescopio. La imagen que nos dé, la visualizaremos en PHD Guiding, un popular programa de guiado. Tiene una función llamada "Coarse Grid" que despliega una retícula y nos vendrá muy bien para situar a nuestras estrellas (figura 4, página siguiente). En el primer alineado del telescopio principal con una estrella brillante, anotaremos cuidadosamente su posición en dicha retícula que nos ofrece la cámara secundaria. A partir de ahora, cualquier estrella que situemos en ese mismo punto, aparecerá en el pequeño campo de nuestra cámara principal.

El programa elegido para la captura de imágenes ha sido FireCapture (figura 5, página siguiente), gratuito y disponible desde su página web. Es muy fácil de usar y rápido, algo esencial en nuestro trabajo. Además tiene otras características importantes que vamos a aprovechar. Puede grabar tanto vídeos en formato *avi*, como imágenes en formato BMP y FITS. En mi caso escogí grabar imágenes FITS. Del mismo modo, permite grabar subframes y esto es fundamental. El tamaño de imagen completo es 640×480 píxeles. Trabajando a estas resoluciones solo vamos a tener en el campo nuestra estrella doble, no aparecerá nada más y el resto de la imagen no tendrá información, solo nos aportará mucho más peso y una ralentización en todo el proceso. Debemos grabar únicamente la parte que nos interesa, así que seleccionaremos en torno a nuestra estrella un cuadrado de 100 píxeles por cada lado y grabaremos todas nuestras imágenes con este tamaño de forma totalmente automática.

Debido a que por norma general la turbulencia atmosférica suele ser elevada, grabé

Figura 3. Cráteres Hércules y Atlas de la superficie lunar obtenidos mediante el mismo equipo que se ha usado en este trabajo para la medida de estrellas dobles.

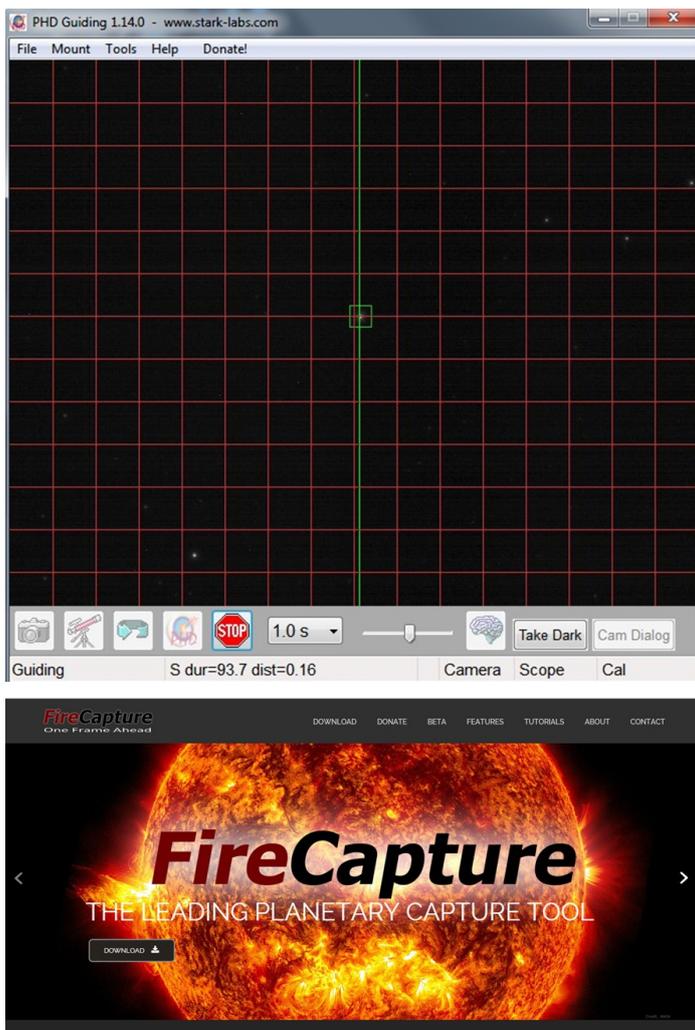


Figura 4 (arriba). Retícula desplegada en el programa PHD Guiding que nos servirá para localizar y centrar cualquier estrella por débil que sea. **Figura 5 (abajo).** El programa de captura que hemos elegido ha sido FireCapture.

3000 imágenes por cada sistema. Seguramente en otras zonas más estables sea suficiente un número mucho menor, pero de este modo nos aseguramos tener suficientes imágenes válidas en todas las estrellas de nuestro programa observacional y en las condiciones más adversas.

Los tiempos de exposición varían en función de la debilidad del sistema y de la turbulencia atmosférica. Como comentábamos al principio, en noches muy estables necesitaremos un menor número de imágenes y un menor tiempo de exposición al conseguir estrellas más puntuales. Por ejemplo, la noche del 9 de septiembre de 2014 utilicé exposiciones de 8 ms para capturar a STF2909 (magnitudes 4,34 y 4,49). En cambio, el 24 de septiembre de 2013 para poder capturar a TDS1083 (magnitudes 10,11 y 10,39) necesité exponer 609 ms. Esta exposición tan alta es inviable cuando la turbulencia es elevada, por eso este tipo de parejas tan débiles solo es posible en las mejores noches.

Calibración y reducción

Durante la sesión de grabación de nuestras es-

trellas, incluiremos también varios sistemas de calibración por cada noche de observación. Lo ideal es disponer de binarias con órbita de grado 1, que son aquellas que se han observado durante más de una revolución y presentan unas efemérides muy precisas. Desgraciadamente hay muy pocos sistemas de este tipo que estén a nuestro alcance, únicamente Xi Ursae Majoris (STF1523) y Xi Scorpii (STF1998). Otra opción es escoger sistemas fijos o prácticamente fijos de los que se disponga de medidas recientes, para ello consultaremos el “Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars”, un catálogo que contiene medidas efectuadas por profesionales y aficionados de alto nivel, y escogeremos para la calibración aquellas medidas recientes efectuadas por interferometría speckle (S). En este tipo de sistemas, podemos concluir que los parámetros que tenían en 2013, por ejemplo, van a ser idénticos a los que tendrán un par de años después y nos pueden servir perfectamente para calibrar nuestras imágenes. La calibración la realizaremos gracias al excelente programa Reduc, diseñado por nuestro amigo Florent Losse.

El siguiente paso será medir todas nuestras estrellas. Abriremos las 3000 imágenes con Reduc y las ordenaremos en función de su mejor calidad. El programa tiene dos opciones para ordenar las imágenes, con el que mejor resultado he obtenido ha sido con “Best of (Max)” que da prioridad al píxel central y más brillante de cada estrella. De todos modos, lo acertado es probar ambas opciones y comprobar la que mejor resultado nos da. A continuación mediremos las imágenes de forma individual, escogiendo las mejores según nuestro criterio. Es evidente que la ordenación que hace Reduc es automática, por eso nuestro criterio es fundamental.

Al ser estrellas muy cerradas no se obtienen buenos resultados con la función automática “AutoReduce”. La mejor opción es ampliar la imagen mediante la función “QuadPx” y a continuación medirla con “Surface” que utiliza un algoritmo muy potente desarrollado por Guy Morlet y Pierre Bacchus diseñado para medir estrellas dobles cerradas en el Observatorio de Niza. Sus resultados son realmente impresionantes.

El número de imágenes a medir dependerá de la calidad de la noche y el brillo de las estrellas. Evidentemente, en noches buenas y sistemas brillantes podrán ser muchas las imágenes con suficiente calidad. En cambio, en noches con más turbulencia y estrellas más débiles, serán muy pocas las que realmente sean válidas. Nunca he medido un número inferior a 10 imágenes individuales (0,33% del total) en aquellos sistemas obtenidos en las condiciones más difíciles.

Resultados

Los resultados de nuestras medidas se adjuntan en la tabla 2. Muchas parejas se han observado más de una noche y se ha hecho la media para presentar una única medida. Los sistemas que han sido medidos en

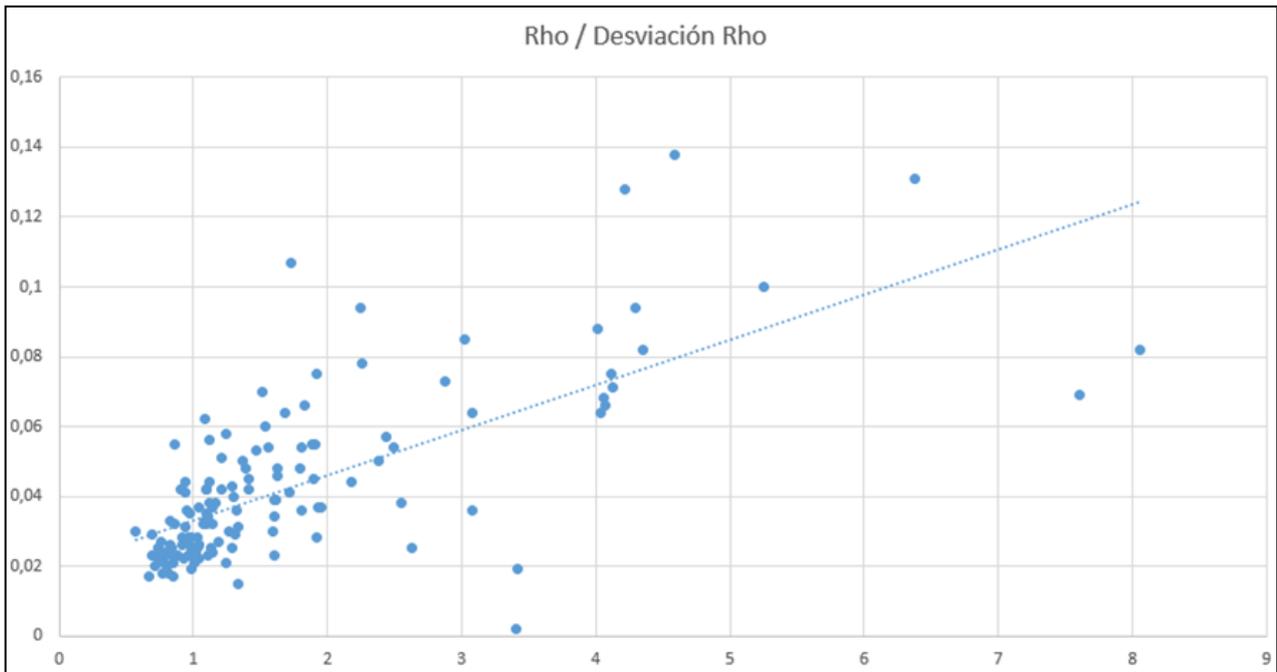


Figura 6. Gráfico que representa la desviación de rho en función de la distancia angular. A medida que aumentamos la distancia angular, se incrementa exponencialmente la desviación.

WDS DESIG	SISTEMA	ÉPOCA	O-C (THETA)	O-C (RHO)	GRADO
00063+5826	STF3062	2013,8808	-0,28	0,004	2
00063+5826	STF3062	2014,932	-0,07	-0,031	2
00093+7943	STF 2	2014,678	1	0,003	3
00550+2338	STF 73AB	2013,8809	-0,07	0,003	2
00550+2338	STF 73AB	2014,6781	-0,16	0	2
01559+0151	STF 186	2013,8891	1,17	0,02	2
02140+4729	STF 228	2013,8878	-1,26	-0,002	2
03344+2428	STF 412AB	2013,8866	0,77	-0,003	3
03344+2428	STF 412AB	2014,9351	-0,36	0,009	3
03350+6002	STF 400AB	2013,8893	-1,29	0,089	3
05079+0830	STT 98	2014,9353	-1,06	0,004	2
08122+1739	STF1196AB	2014,1958	0,76	0,01	1
09210+3811	STF1338AB	2014,1904	-4,04	0,01	3
11182+3132	STF1523AB	2014,1961	-0,18	-0,005	1
15038+4739	STF1909	2014,4354	-1,35	0,031	2
15183+2650	STF1932AB	2014,4354	0,39	-0,006	2
16044-1122	STF1998AB	2014,4342	-0,37	0,023	1
16309+0159	STF2055AB	2014,4343	-0,36	-0,017	2
16564+6502	STF2118AB	2014,4369	-1,85	-0,147	3
22288-0001	STF2909AB	2013,7297	-1,21	0,035	3
22288-0001	STF2909AB	2014,6642	-0,62	0,003	3
22537+4445	BU 382AB	2014,6917	1,2	0,06	2

Tabla 1. Residuos O-C de los sistemas orbitales observados con grado igual o inferior a 3. Para theta el valor se ofrece en grados y para rho en segundos de arco.

dos años diferentes, presentan una medida por cada uno de ellos. Las magnitudes de cada estrella han sido extraídas del WDS Catalog. Como es lógico, al trabajar en IR algunas estrellas aparecían más débiles y otras más brillantes que en banda V. No era raro que fuese más brillante la secundaria en determinados sistemas. Esto no ha sido tenido en cuenta y para las medidas siempre se ha respetado la orientación original acorde a todas las mediciones históricas. En la tabla también aparece el error en theta y rho que nos ofrecía Reduc. Esto nos da idea de la mayor o menor dispersión en cada una de las medidas y de su fiabilidad. Como es de esperar, esta dispersión es mayor cuando

incrementamos la distancia angular que medimos (figura 6).

He dejado algunos sistemas sin publicar que por su dificultad no ofrecían buenos resultados con este método. Quizás puedan ser medidos con la nueva versión de Reduc y publicados en un futuro próximo. El acuerdo entre los resultados esperados según efemérides de los sistemas orbitales con grado inferior a 3 (aquellos que son más fiables) y los obtenidos es bastante bueno, especialmente en Rho, según vemos en la tabla 1 (página anterior).

Si representamos nuestras observaciones como un punto rojo en el modelo orbital vigente de algunas binarias con una órbita calculada suficientemente precisa, comprobamos cómo los resultados cuadran muy bien y se ajustan perfectamente (figuras 7, 8 y 9).

Agradecimientos

A Edgar R. Masa por su imprescindible ayuda y consejos en aquellos sistemas más difíciles.

A Juan-Luis González Carballo por su empuje constante y haber conservado la tabla de medidas que le envié una noche. Poco después el disco duro del ordenador se estropeó y con él se perdió toda la información y datos que tenía. Este artículo no hubiera podido publicarse sin su valiosísima aportación.

Para la realización de este trabajo se ha hecho uso de los siguientes programas informáticos:

Firecapture v2.4: captura de imágenes. <http://www.firecapture.de/>

PHD Guiding versión 1.14.0: localización y centrado de las estrellas dobles. <http://www.starklabs.com/phdguiding.html>

TeamViewer 9.0: Conectar con el ordenador en el observatorio para poder controlarlo remotamente. <http://www.teamviewer.com/es/Index.aspx>

Astroart v 4.0: tratamiento de imágenes. <http://www.msb-astroart.com/>

Reduc versión 4.5.1: medida y apilado de los sistemas dobles. <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>

Guide 9.0. <http://www.projectpluto.com/>

“Binaries_6th_Excel2000”, Excel creado por Brian Workman para el cálculo de efemérides y repre-

sentación de modelos orbitales.

Este trabajo ha hecho uso del Washington Double Star Catalog, Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars y del Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars, todos ellos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos. 

Referencias

Argyle, R. W., *Observing and measuring Visual Double Stars*, 2004.

Benavides Palencia, R., 2011, *Obtención de imágenes mediante Lucky Imaging*, *Astronomía*, n°145-146, II Época, 68-69.

Benavides Palencia, R., 2012, *Medición de 28 sistemas dobles usando Lucky Imaging*, *El Observador de Estrellas Dobles*, n° 9, 91-98.

Benavides Palencia, R., 2013, *Técnica de Lucky Imaging con filtro infrarrojo*, *Astronomía*, n° 172, II Época, 64-65.

Benavides Palencia, R., 2014, *Medidas de estrellas dobles mediante la técnica de lucky imaging con filtro IR*, *El Observador de Estrellas Dobles*, n° 12, 21-30.

Hartkopf, W. I. *et al.*, *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Hartkopf, W. I. *et al.*, *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Losse, F., 2011, *Alta resolución con interferometría speckle*, trabajo disponible en <http://www.astrosurf.com/hfosaf/sp/speckle10.htm>

Mason, B. D. *et al.*, *The Washington Double Star Catalog (WDS)*, U.S. Naval Observatory.

Rica, F., 2008, *Observación Imágenes Speckle*, *Astronomía*, n°109-110, II Época, 68-69.

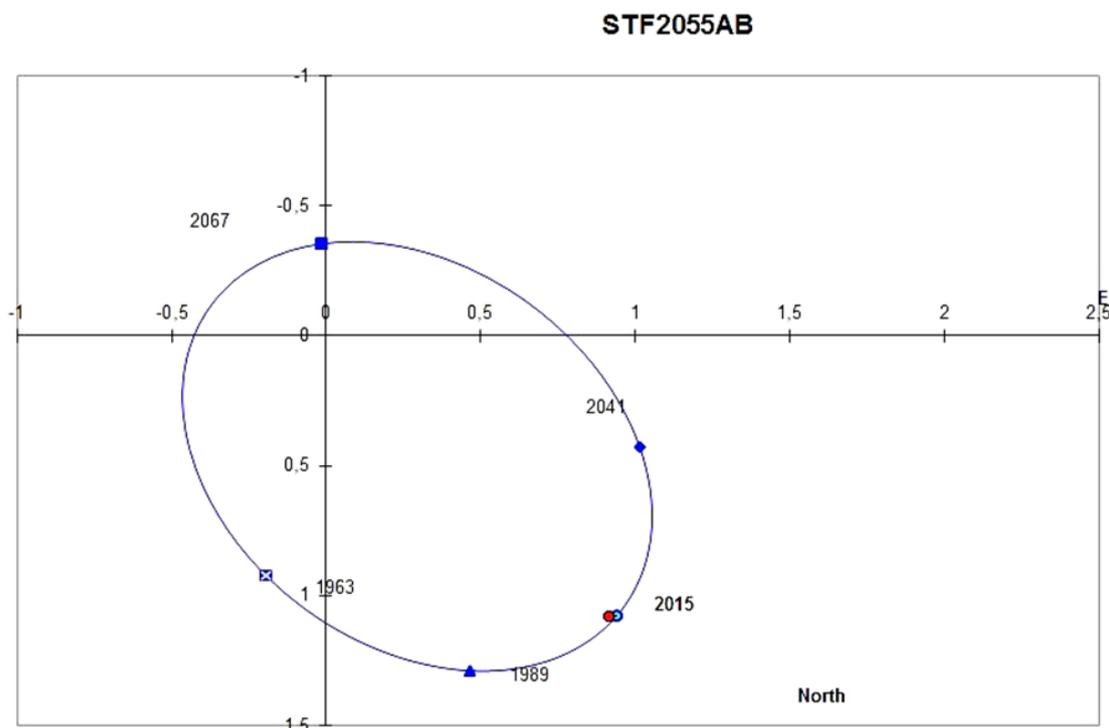


Figura 7. Modelo orbital de STF 2055 con un periodo de 129 años (grado 2). Nuestra medida es el punto rojo.

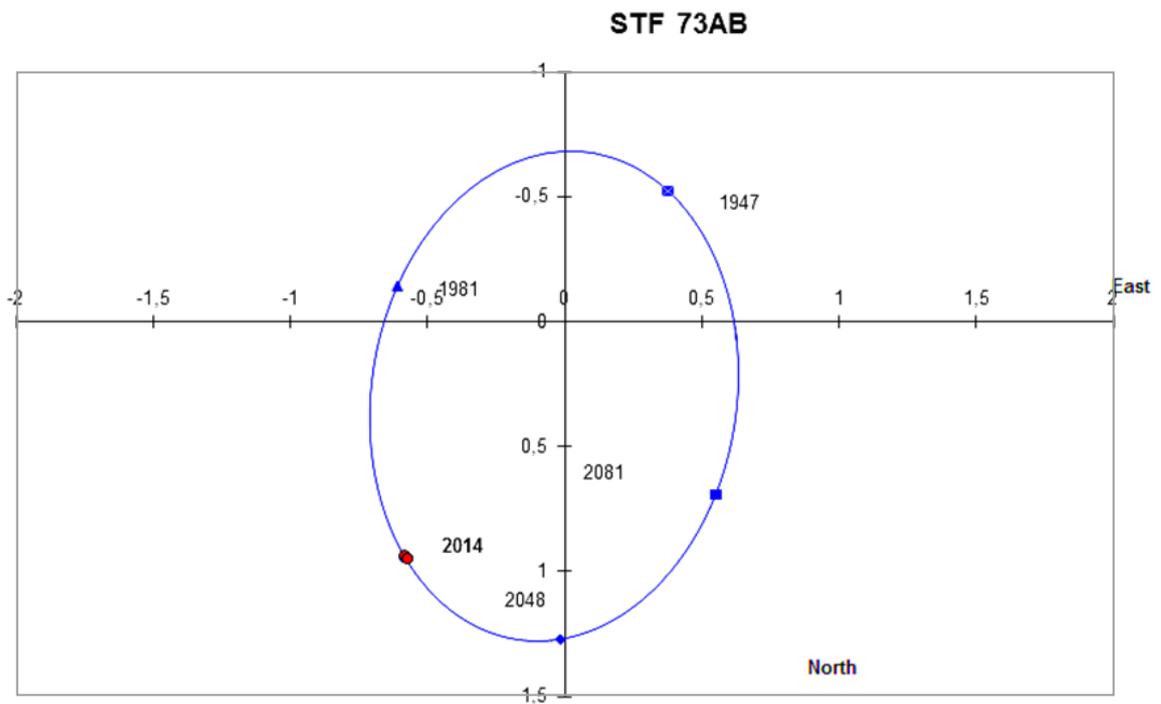


Figura 8. Modelo orbital de STF 73 con un periodo de 167,5 años (grado 2). Aquí aparecen dos observaciones correspondientes a los años 2013 y 2014.

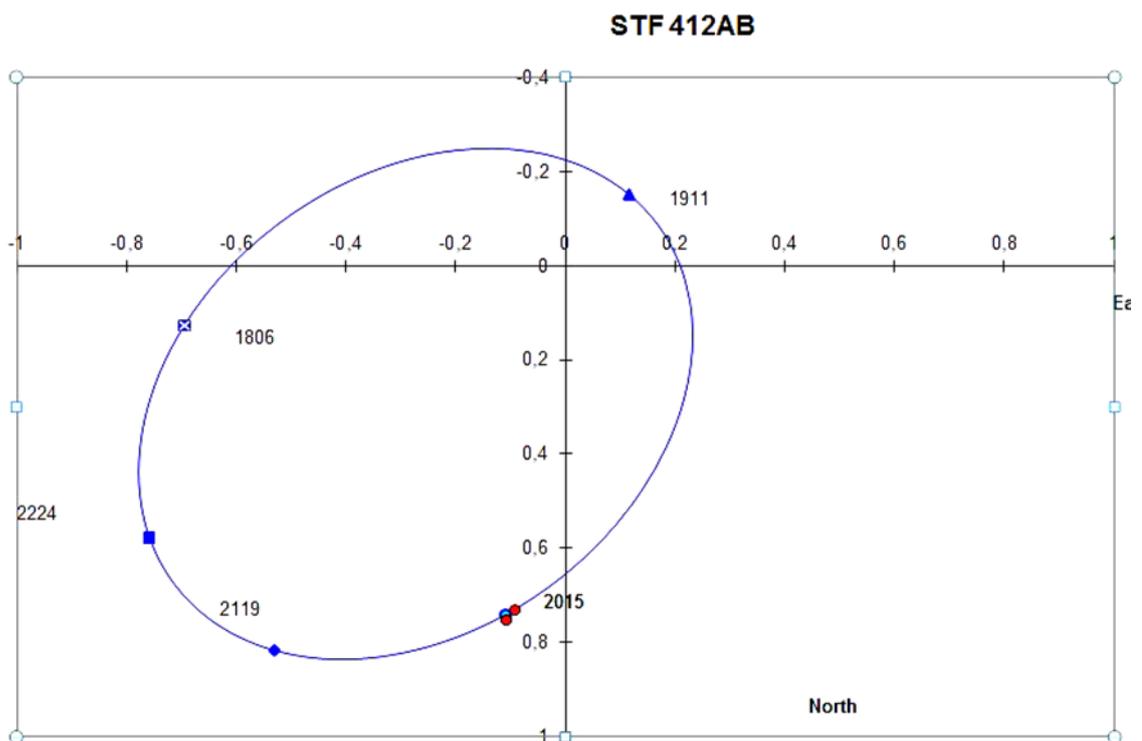


Figura 9. Modelo orbital de STF 412 con un periodo de 522 años (grado 3). Igual que en la anterior, ha sido medida en los años 2013 y 2014 y representada por puntos rojos.

TABLA 2. MEDIDAS DE LAS ESTRELLAS DOBLES OBSERVADAS.

WDS DESIG.	SISTEMA	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA	Error Theta	RHO	Error Rho	N	Notas
00063+5826	STF3062	6,42	7,32	2013,8808	353,7	0,9	1,554	0,054	2	1
				2014,932	355,83	1,31	1,519	0,07	1	
00093+7943	STF 2	6,68	6,89	2014,678	16,47	2,54	0,903	0,042	1	2
00162+7657	STF 13	7,03	7,12	2013,889	47,24	1,13	0,971	0,035	1	3
00499+2743	STF 61	6,33	6,34	2013,8863	115,4	0,82	4,292	0,094	1	
				2014,8051	115,23	0,91	4,218	0,128	2	
00550+2338	STF 73AB	6,12	6,54	2013,8809	327,85	0,96	1,103	0,042	3	4
				2014,6781	328,67	0,94	1,11	0,023	1	
01106+5101	BU 235Aa,Ab	7,54	7,82	2013,8891	138,06	1,29	0,849	0,021	1	5
				2014,6918	139,69	1,08	0,848	0,017	1	
01127+6501	STF 96	7,92	8,92	2013,8891	286,35	2,07	0,938	0,041	1	
01283+4247	AC 14	8,29	8,88	2014,6918	91,32	1,14	0,771	0,018	1	
01520+1049	STF 178	8,22	8,2	2013,8728	204,67	1,54	3,021	0,085	1	
01535+4437	STF3113	9,53	9,68	2013,7334	278,06	1,54	0,689	0,029	1	
01493+4754	STF 162AB	6,47	7,22	2013,8406	198,41	0,86	1,953	0,037	4	
				2014,9322	198,46	1,06	1,925	0,075	1	
01559+0151	STF 186	6,79	6,84	2013,8891	250,49	1,21	0,79	0,024	1	6
02020+0246	STF 202AB	4,1	5,17	2013,8783	264,92	0,75	1,826	0,066	2	7
				2014,7684	264,59	0,83	1,81	0,054	1	
02140+4729	STF 228	6,56	7,21	2013,8878	296,04	1,26	0,748	0,022	2	8
02173+5228	STF 236AB	9,4	10	2013,8865	248,82	1,05	1,394	0,048	1	
02529+5300	STF 314AB,C	6,95	7,26	2013,8769	314,2	0,82	1,606	0,034	2	
				2014,935	313,81	0,92	1,609	0,039	1	
02592+2120	STF 333AB	5,17	5,57	2013,8783	210,1	0,95	1,364	0,05	2	9
03127+7133	STT 50AB	8,43	8,46	2013,8784	147	1	1,045	0,022	2	10
03206+1911	STF 377AB	8,78	9,31	2014,9351	110,34	0,91	1,147	0,024	1	
03344+2428	STF 412AB	6,6	6,86	2013,8866	352,77	1,64	0,737	0,025	1	11
				2014,9351	351,63	1,75	0,759	0,027	1	
03350+6002	STF 400AB	6,79	7,97	2013,8893	267,25	0,57	1,609	0,023	1	12
03356+3141	BU 533AB	7,55	7,74	2013,888	221,01	0,93	1,043	0,026	2	13
				2014,9351	220,66	1,56	1,037	0,026	1	
03401+3407	STF 425AB	7,52	7,6	2014,9351	59,28	0,67	1,918	0,028	1	14
03454+4952	HU 103AB	8,7	8,86	2014,9352	201,56	1,28	1,147	0,037	1	
03503+2241	STF 457AB	9,31	9,44	2013,8894	90,22	1,38	0,823	0,026	1	
03521+4048	STT 66	8,11	8,54	2013,8675	144,41	0,73	0,984	0,019	1	
04335+1801	STF 559	6,97	7,02	2013,8881	276,69	0,67	3,08	0,064	2	
				2014,9352	276,26	0,7	3,078	0,036	1	
04385+2656	STF 572AB	7,36	7,21	2014,9352	188,13	0,52	4,356	0,082	1	15
05055+1948	STT 95	7,02	7,56	2013,8895	295,92	1,09	0,95	0,036	1	16
05079+0830	STT 98	5,76	6,67	2014,9353	289,86	1,69	0,934	0,022	1	17
05103+3718	STF 644AB	6,96	6,78	2014,9353	221,39	0,59	1,623	0,046	1	
08122+1739	STF1196AB	5,3	6,25	2014,1958	23,2	1,74	1,12	0,056	1	18
08122+1739	STF1196AC	5,3	5,85	2014,1958	63,74	1,56	6,377	0,131	1	19

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. MEDIDAS DE LAS ESTRELLAS DOBLES OBSERVADAS (CONT.).

WDS DESIG.	SISTEMA	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA	Error Theta	RHO	Error Rho	N	Notas
08542+3035	STF1291AB	6,09	6,37	2014,1904	309,88	1,02	1,534	0,06	1	20
09184+3522	STF1333	6,63	6,69	2014,1904	50,41	0,94	1,903	0,055	1	
09210+3811	STF1338AB	6,72	7,08	2014,1904	307,48	1,02	1,123	0,044	1	21
09450+4314	STF1376AB	9,07	9,05	2014,1959	309,6	0,74	5,256	0,1	1	
10123+1621	STF1413	9,76	9,77	2014,1959	270,98	0,94	1,793	0,048	1	
11182+3132	STF1523AB	4,33	4,8	2014,1961	181,74	0,87	1,725	0,107	1	22
11332+4927	HU 727	9,83	9,99	2014,1961	204,93	0,8	1,239	0,021	1	
11363+2747	STF1555AB	6,41	6,78	2014,1961	149,12	0,86	0,735	0,023	1	23
13207+0257	STF1734	6,77	7,29	2014,4366	173,92	1,12	1,096	0,042	1	
14484+2422	STF1884	6,58	7,48	2014,434	55,02	0,86	2,182	0,044	1	
14497+4843	STF1890	6,31	6,67	2014,4354	45,17	0,33	2,624	0,025	2	24
15038+4739	STF1909	5,2	6,1	2014,4354	64,75	1,33	1,091	0,033	2	25
15183+2650	STF1932AB	7,32	7,41	2014,4354	265,37	1,02	1,614	0,039	2	26
15348+1032	STF1954AB	4,17	5,16	2014,4341	171,95	0,9	4,009	0,088	1	27
16044-1122	STF1998AB	5,16	4,87	2014,4342	2,7	1,46	1,083	0,062	1	28
16044-1122	STF1998AC	5,16	7,3	2014,4342	43,51	1,16	7,606	0,069	1	29
16133+1332	STF2021AB	7,43	7,48	2014,4342	356,74	0,77	4,064	0,068	1	30
16231+4738	STF2047	8,54	8,65	2014,4368	323,81	0,67	1,812	0,036	1	
16309+0159	STF2055AB	4,15	5,15	2014,4343	40,31	1,26	1,413	0,045	1	31
16326+4007	STT 313	7,97	8,31	2014,4369	129,68	1,6	0,929	0,027	1	
16442+2331	STF2094AB	7,48	7,87	2014,4356	73	1,28	1,135	0,025	2	
16564+6502	STF2118AB	7,07	7,3	2014,4369	65,07	1,26	1,003	0,021	1	32
17020+0827	STF2114	6,72	7,61	2014,4343	195,59	1,36	1,295	0,04	1	33
17053+5428	STF2130AB	5,66	5,69	2014,4356	2,65	0,66	2,49	0,054	2	34
17237+3709	STF2161AB	4,5	5,4	2014,4343	320,09	0,63	4,068	0,066	1	
17403+6341	STF2218	7,08	8,37	2014,437	308,62	0,75	1,473	0,053	1	35
17434+3357	HO 560AB	8,82	9,11	2014,437	262,53	1	1,338	0,031	1	
17457+1743	STF2205	9,37	9,59	2014,437	7,36	1,64	0,92	0,026	1	36
17520+1520	STT 338AB	7,21	7,38	2014,4371	162,98	1,33	0,844	0,025	1	37
17533+3605	STF2243	9,19	9,4	2014,4371	38,78	1,06	1,098	0,032	1	
19071+7204	STT 369	7,82	7,91	2014,6092	9,21	2,52	0,692	0,023	1	
19078+3856	STF2469AB	7,93	9,13	2014,6967	125,69	0,92	1,214	0,042	1	38
19159+2727	STT 371AB	7,03	7,55	2014,6134	160,05	2,1	0,888	0,023	2	
19429+4043	STT 383AB	7,03	8,28	2014,6967	14,64	1,41	0,838	0,023	1	39
19438+3819	STT 384AB	7,59	8,23	2014,6157	195,75	1,48	1,033	0,025	3	
19515+2332	BU 978	9,56	9,67	2013,7356	59,71	1,01	0,963	0,027	1	
19586+3806	STF2609	6,69	7,64	2014,6585	22,33	0,49	1,93	0,037	2	
20043+3033	STF2626	8,84	9,08	2014,6968	128,34	1,08	0,976	0,023	1	
20338+2125	TDS1083	10,11	10,39	2013,7329	354,04	0,75	2,545	0,038	1	
20396+4035	STT 410AB	6,73	6,83	2014,6135	3,46	1,76	0,859	0,032	2	40
20474+3629	STT 413AB	4,73	6,26	2013,7284	3,41	1,76	0,918	0,028	3	41
				2014,6845	3,52	1,45	0,944	0,031	2	
20511+5125	BU 155AB	7,36	8,13	2014,6559	38,46	1,86	0,742	0,022	2	42

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. MEDIDAS DE LAS ESTRELLAS DOBLES OBSERVADAS (CONT.).

WDS DESIG.	SISTEMA	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA	Error Theta	RHO	Error Rho	N	Notas
20548+3242	STT 418	8,23	8,27	2014,6094	284,53	1,88	0,98	0,028	1	43
21021+5640	STF2751	6,23	6,89	2013,7179	355,43	0,87	1,627	0,048	2	
21022+0711	STF2742	7,41	7,64	2013,7194	213,99	0,97	2,876	0,073	1	
21112+5620	DOO 16	9,05	9,36	2013,7085	28,65	1,01	1,1	0,035	1	
21118+5959	STF2780AB	6,09	6,77	2013,7357	212,45	1,1	1,022	0,024	1	44
				2014,6845	212,46	1,11	1,03	0,028	2	
21141+5818	STF2783	7,71	8,07	2014,6845	351,86	1,88	0,71	0,02	2	45
21143+4109	STT 432	7,78	8,05	2013,733	114,65	0,69	1,337	0,015	1	
				2014,6914	114,93	0,87	1,313	0,029	1	
21171+3546	BU 162AB	8,6	8,84	2014,6969	253,96	1,04	1,191	0,027	1	
21208+3227	STT 437AB	7,15	7,42	2014,6915	19,66	0,84	2,437	0,057	1	46
21222+5453	A 1696	10,32	10,48	2013,7331	49,36	1,41	1,285	0,043	1	
21289+1105	STF2799AB	7,37	7,44	2013,7194	259,76	1,02	1,881	0,055	1	47
21391+3356	COU1185AB	9,98	10,31	2013,7221	55,35	1,62	1,416	0,042	1	
21441+2845	STF2822AB	4,75	6,18	2013,733	316,87	0,77	1,712	0,041	2	48
				2014,7324	317,75	1,43	1,681	0,064	2	
21487+3914	TDS1147	11,26	11,33	2013,7358	24,16	1,97	0,859	0,055	1	49
21510+6137	STT 451	7,74	8,61	2013,7276	218,06	0,4	4,127	0,071	1	
				2014,7679	218,05	0,57	4,041	0,064	1	
21516+6545	STF2843AB	7,01	7,28	2014,6587	149,65	0,92	1,321	0,036	2	50
21565+5948	STT 458AB	7,2	8,41	2014,7324	347,79	1,1	0,967	0,028	2	
21568+5558	A 1897	9,64	9,97	2014,768	72,58	1,21	0,958	0,023	1	
22009+6250	HU 976	9,16	9,21	2014,697	56,51	0,84	1,597	0,03	1	
22038+6438	STF2863AB	4,45	6,4	2013,7304	273,69	0,86	8,053	0,082	1	51
22086+5917	STF2872BC	7,98	8	2013,7085	296,58	1,77	0,83	0,033	1	52
22110+6324	STF2879AB	7,99	8,26	2014,6916	233,81	1,85	0,775	0,022	1	53
22146+2934	STF2881	7,65	8,24	2014,6778	75,49	0,77	1,268	0,03	1	
22158+4354	HO 180AB	7,92	8,73	2014,697	241,31	1,55	0,813	0,018	1	
22206+5349	BU 379	8,82	9,38	2013,7331	333,41	1,35	1,111	0,034	1	
22218+6642	STF2903	7,13	7,8	2013,7085	96,08	0,97	4,117	0,075	1	
22288-0001	STF2909AB	4,34	4,49	2013,7297	165,29	0,83	2,255	0,078	4	54
				2014,6642	164,7	1,32	2,243	0,094	6	
22470+4446	A 189AB	8,99	9,16	2013,7304	26,48	1,17	0,996	0,023	1	
				2014,6916	26,21	1,3	0,987	0,025	1	
22490+6834	STF2947AB	6,91	7,02	2013,7086	54,98	0,97	4,591	0,138	1	55
22514+6142	STF2950AB	6,03	7,08	2013,7359	276	0,99	1,169	0,038	1	56
				2014,7298	275,46	1,25	1,116	0,038	2	
22537+4445	BU 382AB	5,97	7,79	2014,6917	241,28	1,97	0,78	0,021	1	57
22548+5914	BU 712AB	10,13	10,59	2013,736	294,27	2,11	1,243	0,058	1	
22560+5445	TDT3792	11,37	11,79	2013,7332	245,05	2,26	0,94	0,044	1	58
22564+2257	COU 240	7,73	8,82	2014,7298	290,55	1,79	0,803	0,02	2	
22597+4149	HLD 56	9,29	9,39	2014,6875	91,55	1,1	1,148	0,032	2	
23047+4353	TDS1201	11,23	11,55	2013,7196	169,1	2,07	1,038	0,037	1	59

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. MEDIDAS DE LAS ESTRELLAS DOBLES OBSERVADAS (CONT.).

WDS DESIG.	SISTEMA	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA	Error Theta	RHO	Error Rho	N	Notas
23103+3229	BU 385AB	7,44	8,23	2014,7299	84,27	1,87	0,675	0,017	2	60
23162+5424	A 1482	9,3	9,48	2014,723	87,35	1	1,285	0,025	2	
23186+6807	STF3001AB	4,97	7,28	2013,7332	221,38	0,28	3,418	0,019	1	61
				2014,6206	222,43	0,22	3,405	0,002	1	
23244+6917	A 789	9,1	9,48	2013,7086	84,2	1,06	1,899	0,045	1	
23277+7406	STF3017AB	7,64	8,51	2013,7086	20,28	1,35	1,211	0,051	1	
23292+4042	A 1487	8,96	9,5	2013,7087	158,5	1,53	1,072	0,032	1	
23340+3120	BU 720	5,67	6,11	2013,7087	103,54	1,79	0,571	0,03	1	62
23420+2018	STT 503AB	8,26	8,63	2013,736	133,5	1,69	1,018	0,022	1	
23595+3343	STF3050AB	6,46	6,72	2013,7333	338,9	0,62	2,382	0,05	1	63

Notas

1.STF3062. Sistema orbital con un periodo de 106,7 años (grado 2) formado por estrellas enanas de clases espectrales G4 V y G8 V situadas a 70 años-luz. Es variable eclipsante (V640 Cas) con un periodo de 1,08 días. Además, la secundaria es binaria espectroscópica (periodo 47,685 días).

2.STF 2. Sistema orbital con un periodo de 540 años (grado 3) formado por dos estrellas subgigantes con clases espectrales A6 IV y A8 IV situadas a 344 años-luz. Masa dinámica estimada: 3,97 Msol.

3.STF 13. Sistema orbital con un periodo estimado de 971 años (grado 4) formado por dos estrellas azules con espectros B8 V y B9 V. Distancia 627 años-luz.

4.STF 73AB. Sistema orbital con un periodo de 167,5 años (grado 2) formado por dos estrellas subgigantes con clases espectrales G6 IV y K6 IV situadas a 124 años-luz. Masa dinámica estimada: 1,86 Msol.

5.BU 235Aa,Ab. Sistema orbital con un periodo estimado de 278 años (grado 4). Se encuentra a 341 años-luz.

6.STF 186. Sistema orbital con un periodo de 165,7 años (grado 2) formado por dos estrellas enanas de clases espectrales F7 V y G0 V. Se encuentra a 130 años-luz. Masa dinámica estimada: 2,22 Msol.

7.STF 202. Alrisha. Alfa Piscium. Sistema orbital con un periodo estimado de 3267 años (grado 4). Ambas componentes son variables de corta amplitud Alpha CVn. Se encuentra a 150 años-luz.

8.STF 228. Sistema orbital con un periodo de 145,4 años (grado 2) formado por dos estrellas enanas de clases espectrales F3 V y F6 V situadas a 129 años-luz. Masa dinámica estimada: 2,34 Msol.

9.STF 333. Epsilon Arietis. Sistema orbital con un periodo estimado de 1216 años (grado 4). Distancia 332 años-luz. Masa dinámica estimada del sistema: 7,4 Msol.

10.STT 50. Sistema orbital con un periodo estimado de 309 años (grado 4). Distancia 156 años-luz.

11.STF 412. 7 Tauri. Sistema orbital con un periodo

estimado de 522 años (grado 3) formado por dos estrellas de clases espectrales A3 V situadas a 429 años-luz. Masa dinámica estimada del sistema: 2,04 Msol.

12.STF 400. Sistema orbital con un periodo estimado de 244,5 años (grado 3) formada por dos estrellas de espectros F3 V y F9 V situadas a 174 años-luz. Masa dinámica estimada del sistema: 2,96 Msol.

13.BU 533AB. Sistema orbital con un periodo estimado de 463 años (grado 4). Distancia 280 años-luz.

14.STF 425. Conocido sistema que parece no mostrar un movimiento kepleriano. Para explicar el movimiento observado, en el año 2014 Francisco Rica y Zirm publicaron un trabajo donde proponían la existencia de una compañera aún no observada en torno a la componente principal que presentaría un periodo orbital de 106,5 años. Recientemente esta compañera ha podido ser confirmada y observada.

15.STF 572. Una de las componentes es binaria espectroscópica. Distancia 204 años-luz.

16.STT 95. Sistema orbital con un periodo estimado de 760 años (grado 4). Distancia 449 años-luz.

17.STT 98. 14 Orionis. Sistema orbital con un periodo de 197,45 años (grado 2). Distancia 211 años-luz.

18.STF1196AB. Zeta Cancri. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales F7 V y F9 V con un periodo de 59,58 años (grado 1). Distancia 81,8 años-luz.

19.STF1196AB,C. La componente C es una componente más alejada del mismo sistema con una órbita estimada de 1115 años (grado 4). Es también doble cerrada resuelta por interferometría speckle.

20.STF1291. 57 Cancri. Clases espectrales G7 III y K0. Distancia 461 años-luz.

21.STF1338AB. Sistema orbital con un periodo de 303 años (grado 3). Se encuentra a 139 años-luz.

22.STF1523. Xi Ursae Majoris. Conocido sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales G0 V con un periodo de 59,878 años (grado 1). La principal fue primero detectada como binaria espectroscópica con un periodo de 1,834 años, posteriormente ha podido ser resuelta mediante interferometría

speckle. La secundaria es también binaria espectroscópica, aunque mucho más cerrada, con un periodo de solo 3,98 días. Es un sistema muy cercano, a solo 27,3 años-luz de distancia.

23.STF1555AB. Sistema orbital con un periodo estimado de 916 años (grado 4). La estrella principal es binaria espectroscópica. Se encuentra a 233 años-luz.

24.STF1890. 39 Bootis. Clases espectrales F6 V y F5 V. La principal es binaria espectroscópica. Se encuentra a 224 años-luz.

25.STF1909. 44 Bootis. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales F5 V y G2 V con un periodo de 209,8 años (grado 2). La principal es binaria espectroscópica. La secundaria es binaria eclipsante del tipo W Uma con una amplitud de 0,6 magnitudes en un periodo de poco más de 6 horas. Masa dinámica estimada del sistema: 2,19 Msol. Se encuentra a 40,8 años-luz.

26.STF1932. Sistema orbital con un periodo de 203 años (grado 2). Aunque había evidencias de que la componente principal podía estar acompañada por otra estrella con un periodo entre 30-50 años, las observaciones recientes no parecen confirmarlo. Se encuentra a 117 años-luz.

27.STF1954. Delta Serpentis. Sistema orbital con un periodo estimado de 1038 años (grado 4) situado a una distancia de 228 años-luz. La componente principal es una variable Delta Scuti.

28. STF1998AB. Sistema principal de Xi Scorpii, compuesto por cinco componentes. La pareja AB, con clases espectrales F5 IV y F8 V, tiene un periodo orbital de solo 45,9 años (grado 1).

29.STF1998AC. La tercera componente del sistema, con espectro G1 V, tiene un periodo orbital estimado en 1514 años (grado 5). Se encuentra a 92,5 años-luz.

30.STF2021. 49 Serpentis. Sistema orbital con un periodo estimado de 1354 años (grado 4). Se encuentra a 77 años-luz.

31.STF2055. Lambda Ophiuchi. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales A1 V y A4 V con un periodo de 129 años (grado 2). Masa dinámica estimada del sistema: 6,77 MSol. Se encuentra a 173 años-luz.

32.STF2118AB. 20 Draconis. Sistema orbital con un periodo de 422 años (grado 3). Masa dinámica estimada del sistema: 2,18 MSol. Se encuentra a 228 años-luz.

33.STF2114. La principal es binaria espectroscópica. Se encuentra a 395 años-luz.

34.STF2130AB. Mu Draconis. Sistema orbital con un periodo estimado de 812 años (grado 4). Hay sospechas de que la componente secundaria pueda ser a su vez binaria, aunque aún no ha podido ser confirmada. Se encuentra a 89,5 años-luz.

35.STF2218. Sistema orbital con un periodo estimado de 2130 años (grado 4). Se encuentra a 223,4 años-luz.

36.STF2205. Sistema orbital con un periodo estimado

de 1971 años (grado 4).

37.STT 338. Sistema orbital con un periodo estimado de 1277 años (grado 4). Es muy masivo, alrededor de 12 MSol.

38.STF2469. La estrella principal es una eclipsante algólida con un periodo 1,5403 días. Se encuentra a unos 450 años-luz.

39.STT 383. Se encuentra a 504 años-luz.

40.STT 410AB. Sistema orbital con un periodo estimado de 1408 años (grado 4). La principal es una variable tipo SX Arietis con una clase espectral B6IIIp. Está a una distancia aproximada de 900 años-luz.

41.STT 413AB. Lambda Cygni. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales B5 V y B7 V con un periodo estimado de 391 años (grado 4). La estrella principal es una binaria espectroscópica que recientemente ha podido ser resuelta mediante interferometría speckle con un periodo de 11,63 años. Se encuentra a 770 años-luz.

42.BU 155AB. Situada a 405 años-luz.

43.STT 418. Sistema orbital con un periodo estimado de 787 años (grado 4). Se encuentra a 198 años-luz.

44.STF2780AB. La principal es una binaria espectroscópica con un periodo de 56,93 años.

45.STF2783. Sistema orbital con un periodo estimado de 1760 años (grado 4). Se encuentra a 417 años-luz.

46.STT 437AB. Sistema orbital compuesto por dos estrellas subgigantes de clases espectrales G8 IV y G5 IV con un periodo estimado de 1421 años (grado 4). Está situada a 214 años-luz.

47.STF2799AB. Sistema orbital con un periodo estimado de 978 años (grado 4). Se encuentra a 343 años-luz.

48.STF2822AB. Mu Cygni. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales F6 V y G2 V con un periodo estimado de 789 años (grado 4). La componente principal es binaria espectroscópica. Muy cercana, se encuentra a solo 72,5 años-luz.

49.TDS1147. Únicamente medido por la misión Hipparcos. Sistema confirmado y prácticamente fijo desde 1991.

50.STF2843. Pareja de estrellas de espectro Am situadas a 286 años-luz.

51.STF2863AB. Xi Cephei. Sistema orbital formado por dos estrellas con clases espectrales A3m y F8 V con un periodo estimado de 3800 años (grado 5). La principal es binaria espectroscópica con un periodo de 2,245 años y unas masas de 1,045 y 0,409 MSol. Se encuentra a 96,5 años-luz.

52.STF2872BC. Sistema orbital con un periodo estimado de 840 años (grado 5).

53.STF2879AB. Estrella variable descubierta por Hipparcos, es una pulsante que oscila entre la magnitud conjunta 7,388 – 7,435 en un periodo de 0,314 días.

54.STF2909. Zeta Aquarii. Sistema orbital formado

(Continúa en la página siguiente)

por dos estrellas de clase espectral F3 V y F6 IV con un periodo de 487 años (grado 3). Existe una tercera componente con un periodo orbital de 25,7 años que históricamente siempre ha sido asociada a la componente A, aunque últimamente hay evidencias de que en realidad pueda estar orbitando en torno a B. Se encuentra a 92 años-luz.

55.STF2947. Sistema formado por dos estrellas de clases espectrales F4 V y F5 V situado a 208 años-luz.

56.STF2950AB. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales G8 III y G2 IV con un periodo estimado de 804 años (grado 5). Se encuentra a 237 años-luz.

57.BU 382. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales A3 V y F6 V con un periodo de 104,85 años (grado 2). Se encuentra a 185 años-luz.

58.TDT3792. Solo observado por el satélite Hipparcos en 1991. Sistema confirmado con un claro ascenso del AP según nuestra medida.

59.TDS1201. Solo observado por el satélite Hipparcos en 1991. Sistema confirmado con nuestra observación.

60.BU 385AB. Sistema orbital con un periodo estimado de 830 años (grado 4).

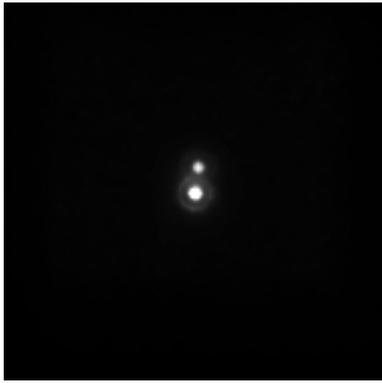
61.STF3001AB. Omicron Cephei. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales G8 III y F6 V con un periodo estimado de 1505 años (grado 4). Masa del sistema: 3,65 MSol. Se encuentra a 203 años-luz.

62.BU 720. 72 Pegasi. Sistema orbital de gigantes con clases espectrales K4 III y K5 III con un periodo estimado de 492 años (grado 4). La secundaria es a su vez binaria espectroscópica con un periodo de 4,2 años. Se encuentra a 550 años-luz. Hay sospechas de que alguna de las componentes pueda ser variable.

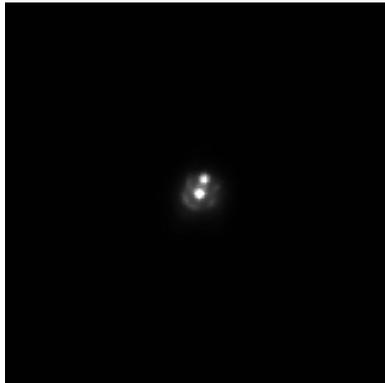
63.STF3050AB. Sistema orbital formado por dos estrellas de clases espectrales G0 V y con un periodo estimado de 717 años (grado 4). Se encuentra a 94 años-luz.

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES.



00063+5826 STF3062



00093+7943 STF 2



00162+7657 STF 13



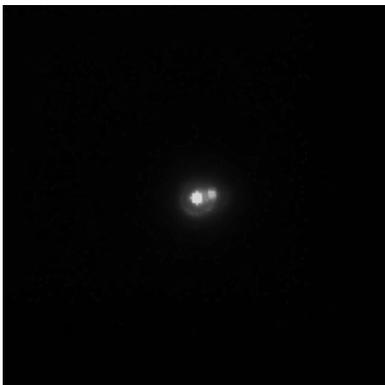
00499+2743 STF 61



00550+2338 STF 73AB



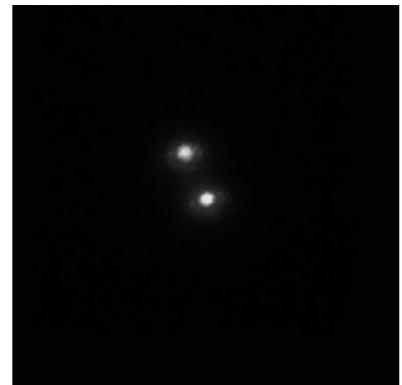
01106+5101 BU 235Aa,Ab



01127+6501 STF 96



01283+4247 AC 14



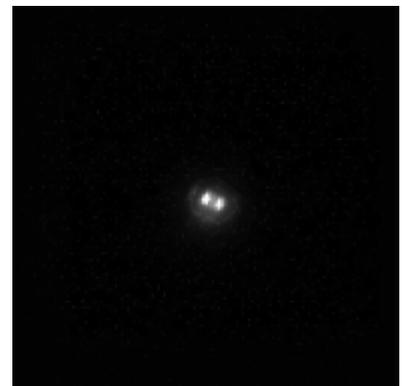
01520+1049 STF 178



01535+4437 STF3113



01493+4754 STF 162AB



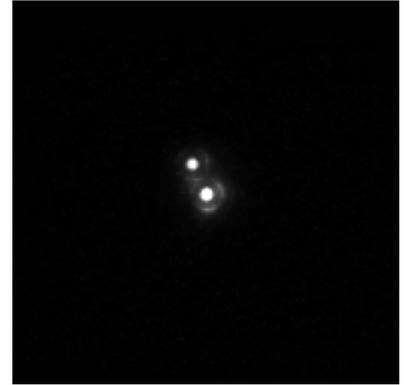
01559+0151 STF 186



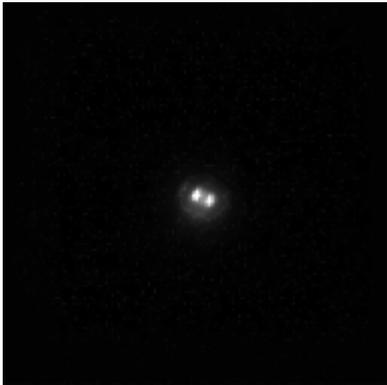
01520+1049 STF 178



01535+4437 STF3113



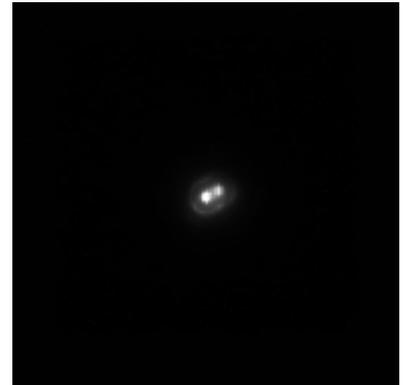
01493+4754 STF 162AB



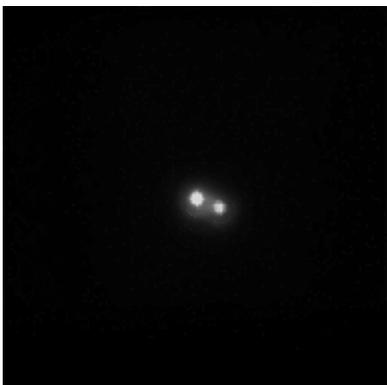
01559+0151 STF 186



02020+0246 STF 202AB



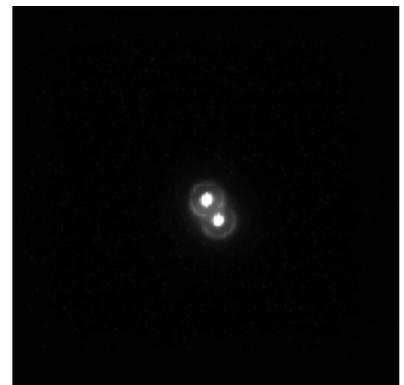
02140+4729 STF 228



02173+5228 STF 236AB



02529+5300 STF 314AB,C



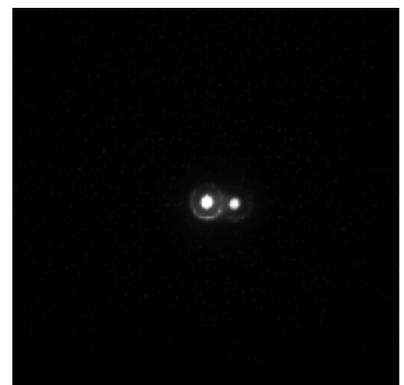
02592+2120 STF 333AB



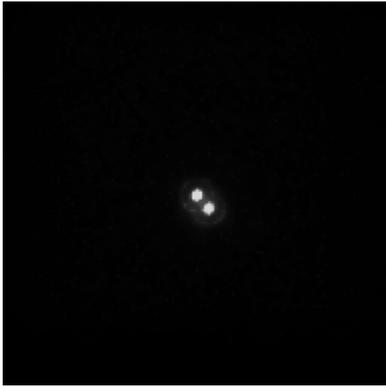
03127+7133 STT 50AB



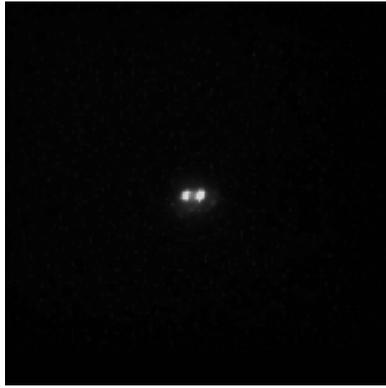
03344+2428 STF 412AB



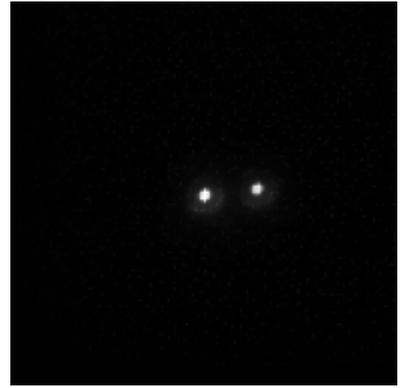
03350+6002 STF 400AB



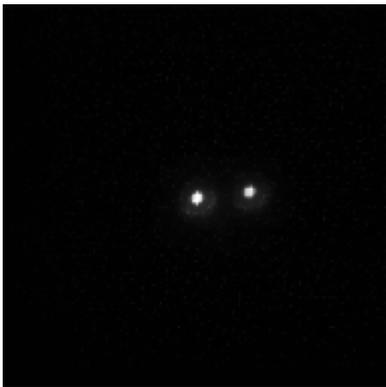
03356+3141 BU 533AB



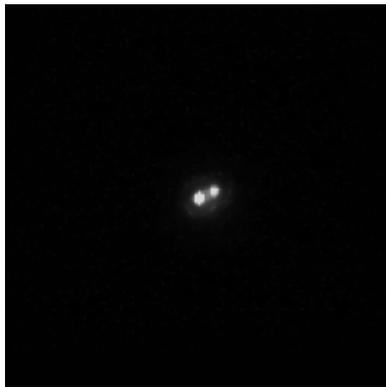
03503+2241 STF 457AB



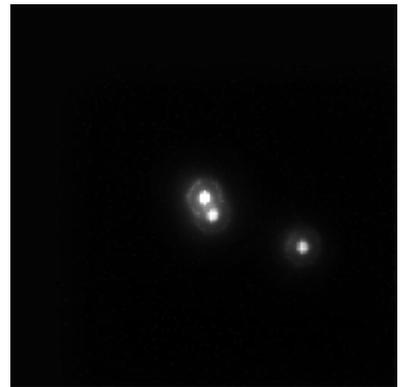
03521+4048 STT 66



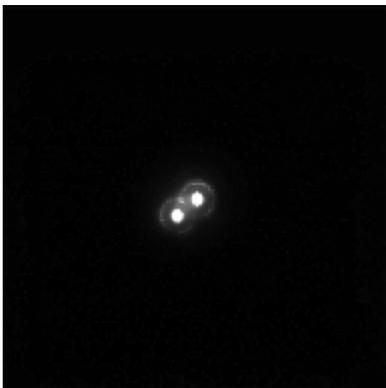
04335+1801 STF 559



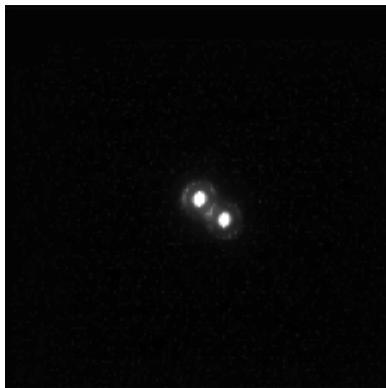
05055+1948 STT 95



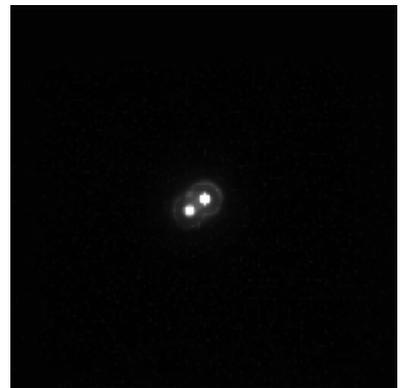
08122+1739 STF1196ABC



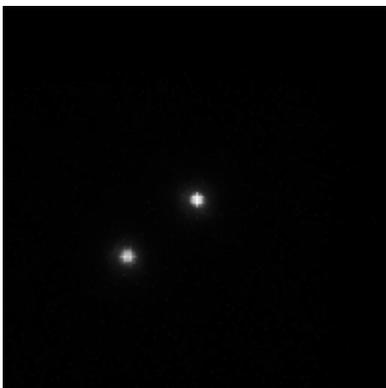
08542+3035 STF1291AB



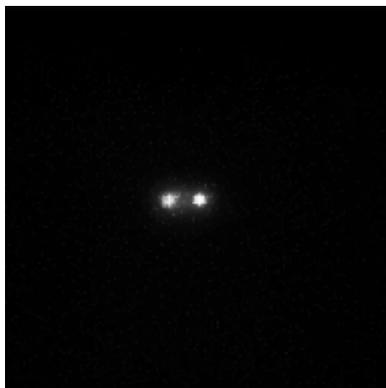
09184+3522 STF1333



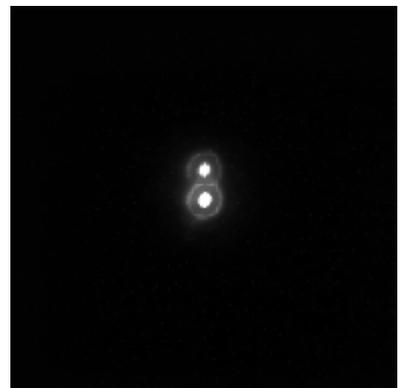
09210+3811 STF1338AB



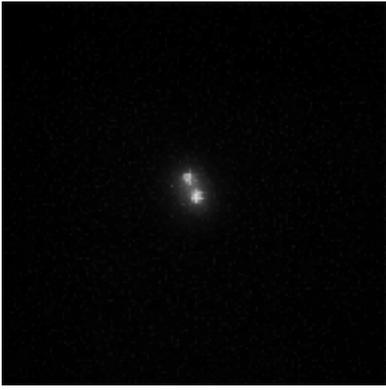
09450+4314 STF1376AB



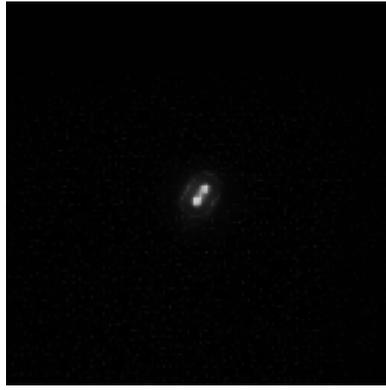
10123+1621 STF1413



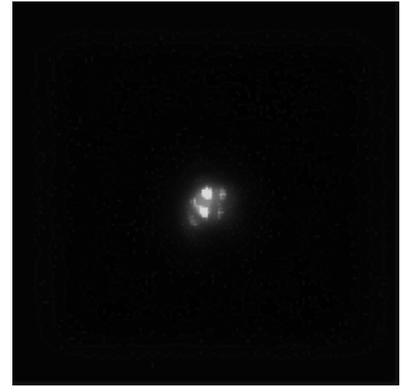
11182+3132 STF1523AB



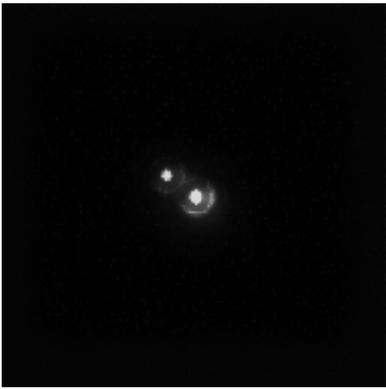
11332+4927 HU 727



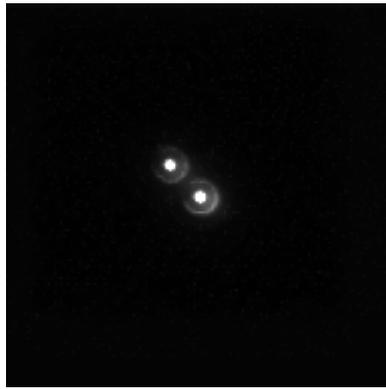
11363+2747 STF1555AB



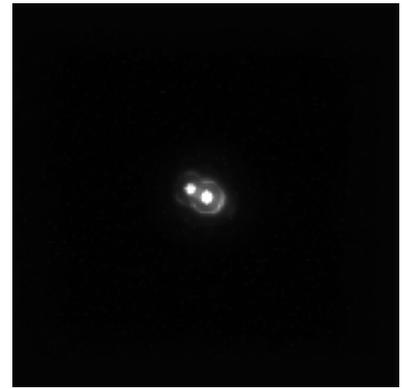
13207+0257 STF1734



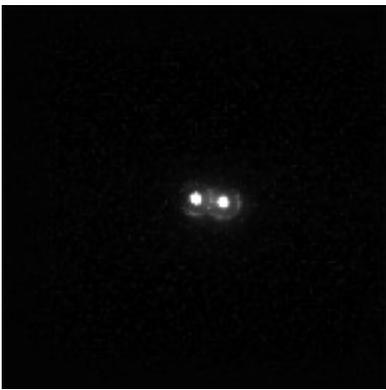
14484+2422 STF1884



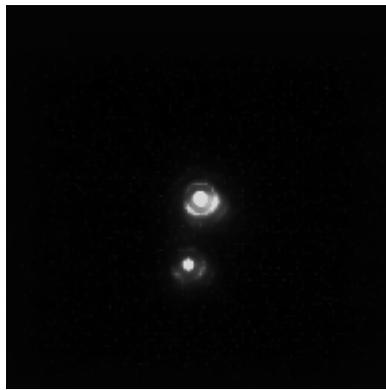
14497+4843 STF1890



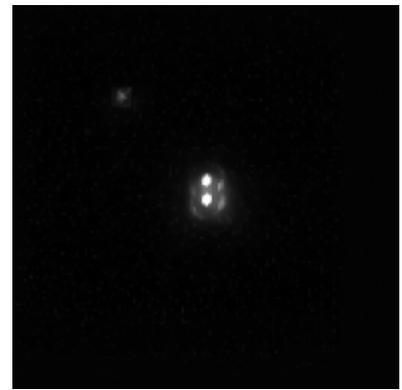
15038+4739 STF1909



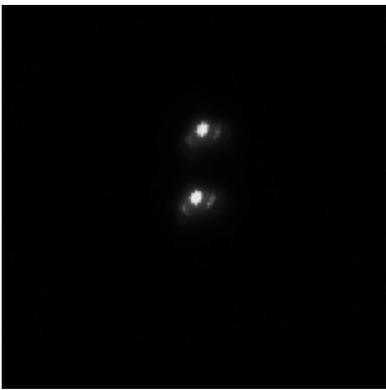
15183+2650 STF1932AB



15348+1032 STF1954AB



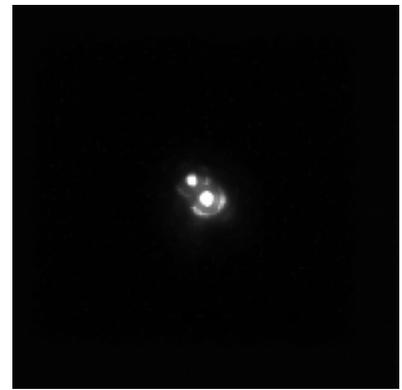
16044-1122 STF1998ABC



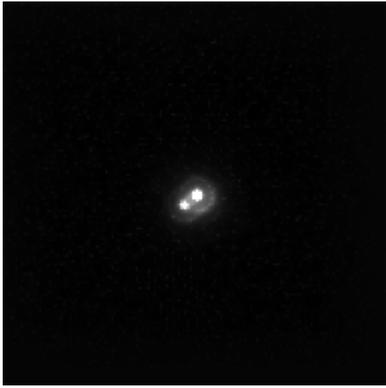
16133+1332 STF2021AB



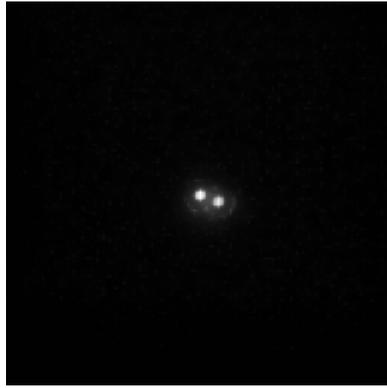
16231+4738 STF2047



16309+0159 STF2055AB



16326+4007 STT 313



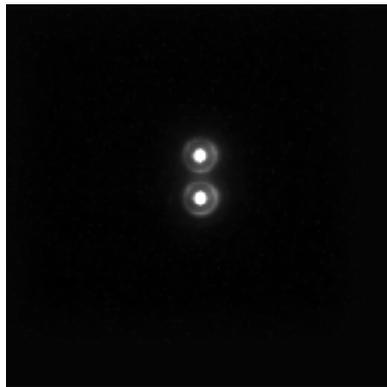
16442+2331 STF2094AB



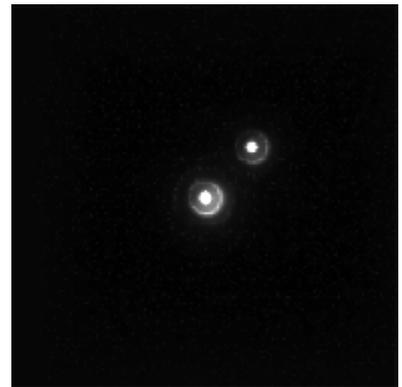
16564+6502 STF2118AB



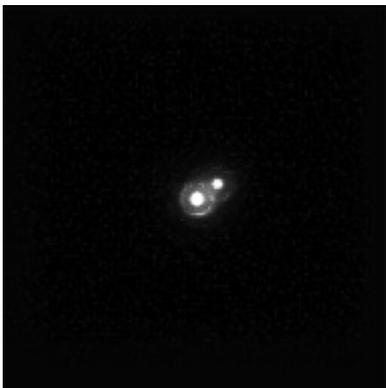
17020+0827 STF2114



17053+5428 STF2130AB



17237+3709 STF2161AB



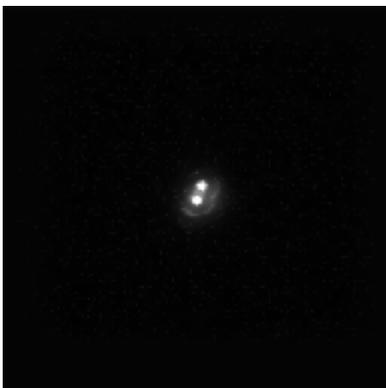
17403+6341 STF2218



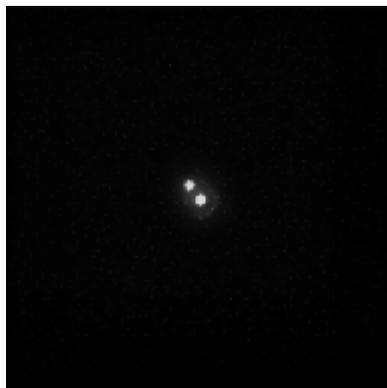
17434+3357 HO 560AB



17457+1743 STF2205



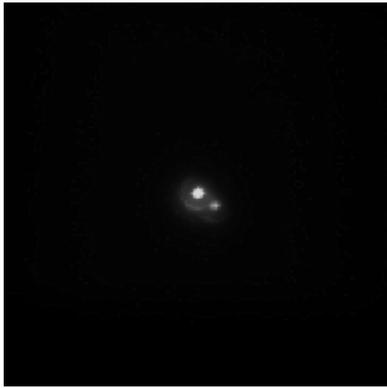
17520+1520 STT 338AB



17533+3605 STF2243



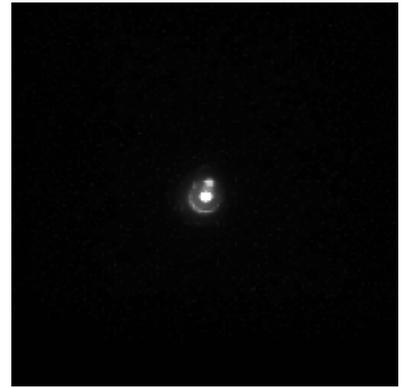
19071+7204 STT 369



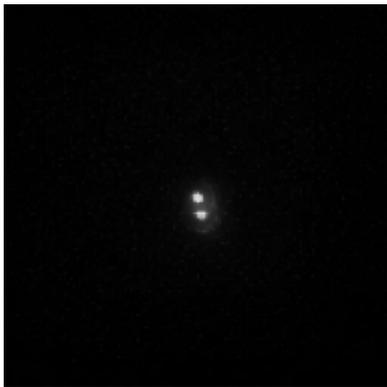
19078+3856 STF2469AB



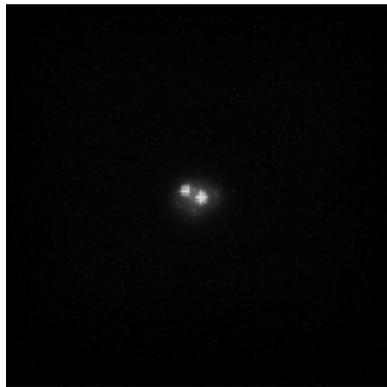
19159+2727 STT 371AB



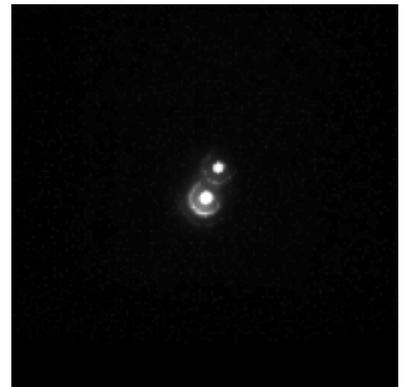
19429+4043 STT 383AB



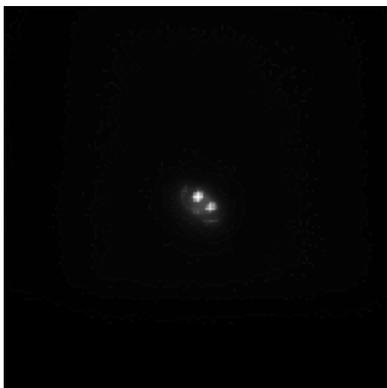
19438+3819 STT 384AB



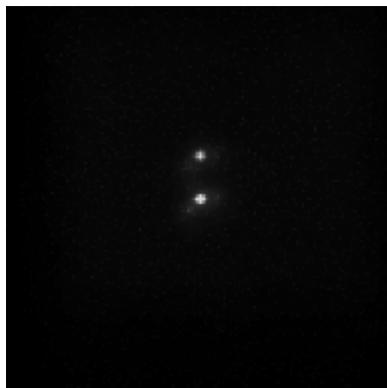
19515+2332 BU 978



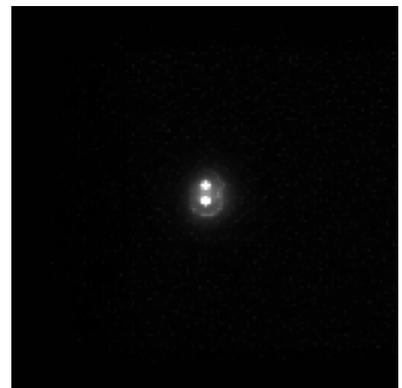
19586+3806 STF2609



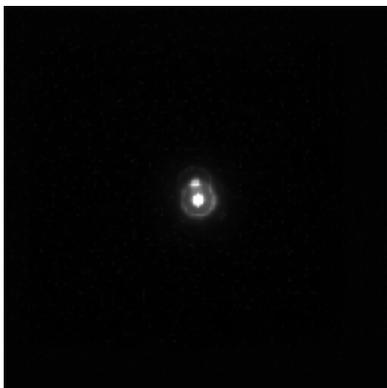
20043+3033 STF2626



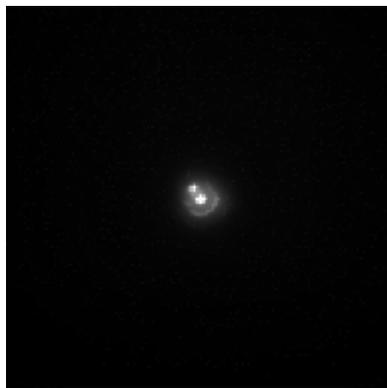
20338+2125 TDS1083



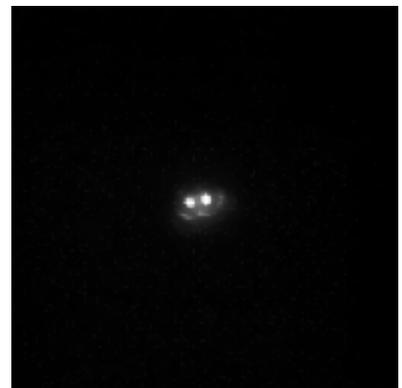
20396+4035 STT 410AB



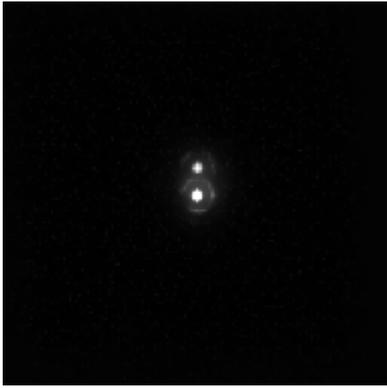
20474+3629 STT 413AB



20511+5125 BU 155AB



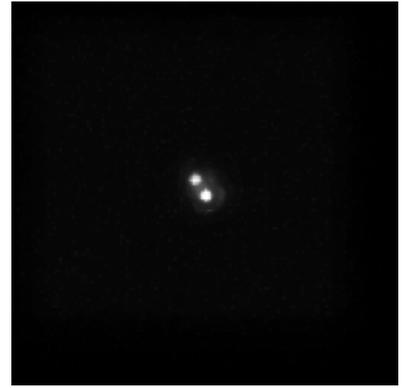
20548+3242 STT 418



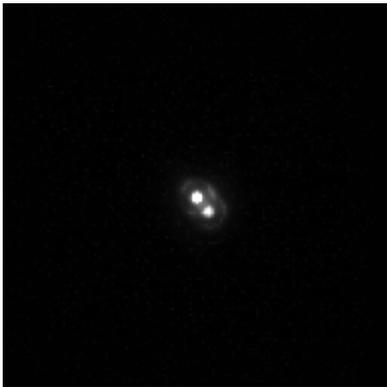
21021+5640 STF2751



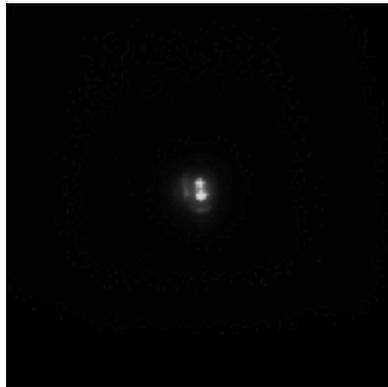
21022+0711 STF2742



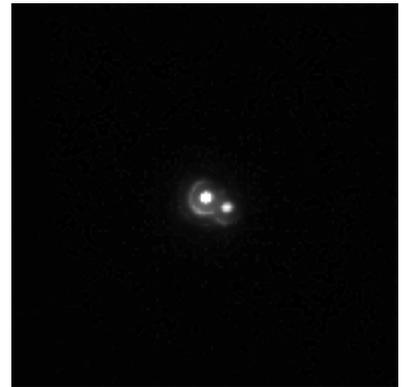
21112+5620 DOO 16



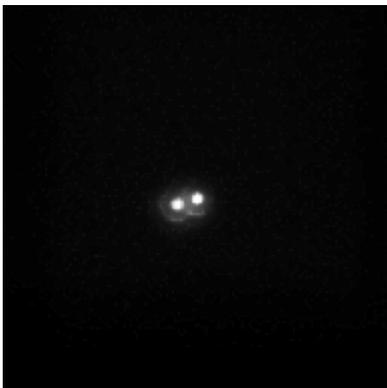
21118+5959 STF2780AB



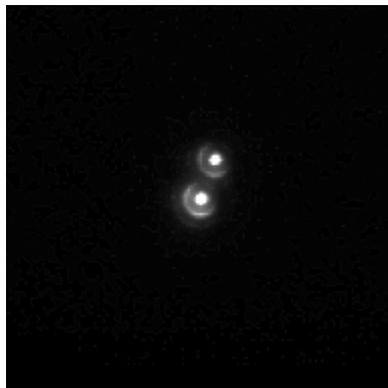
21141+5818 STF2783



21143+4109 STT 432



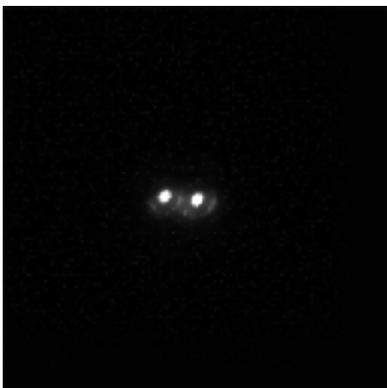
21171+3546 BU 162AB



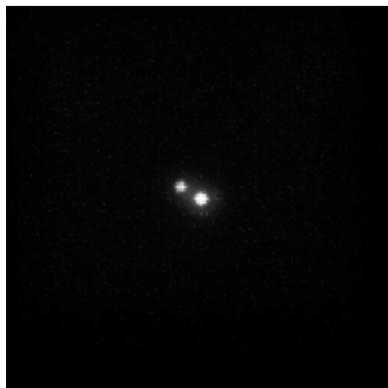
21208+3227 STT 437AB



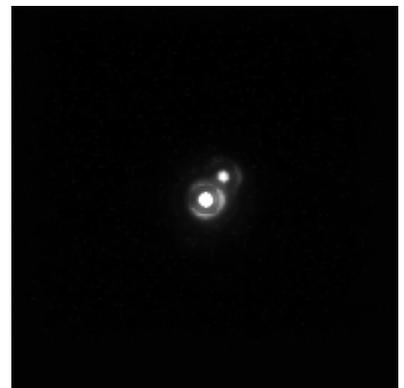
21222+5453 A 1696



21289+1105 STF2799AB



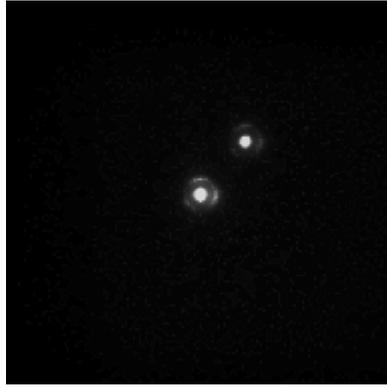
21391+3356 COU1185AB



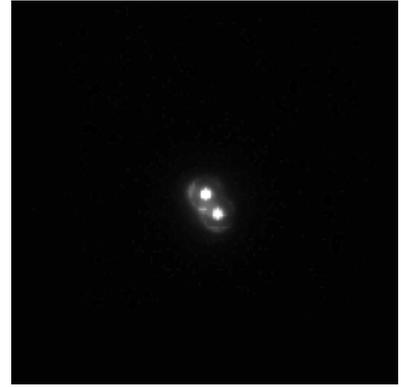
21441+2845 STF2822AB



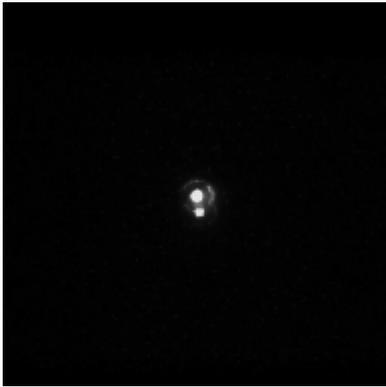
21487+3914 TDS1147



21510+6137 STT 451



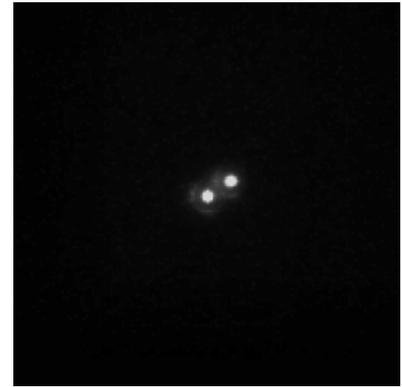
21516+6545 STF2843AB



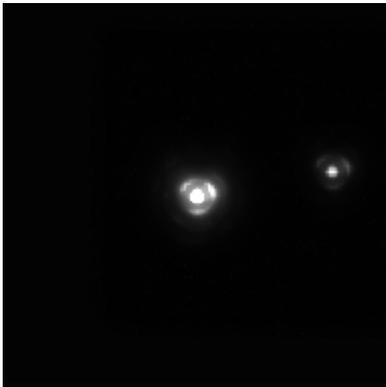
21565+5948 STT 458AB



21568+5558 A 1897



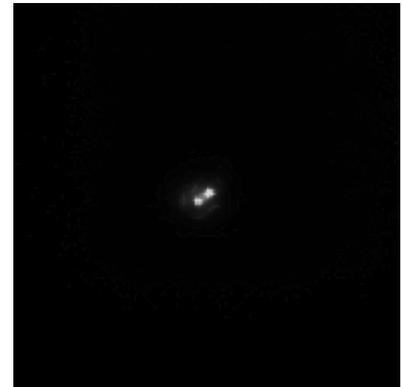
22009+6250 HU 976



22038+6438 STF2863AB



22086+5917 STF2872BC



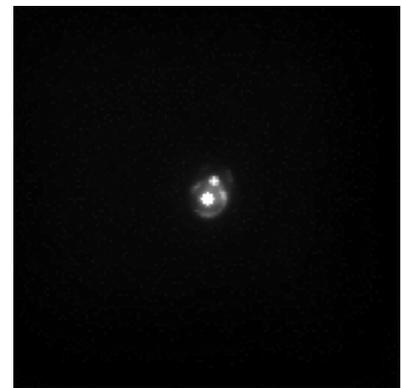
22110+6324 STF2879AB



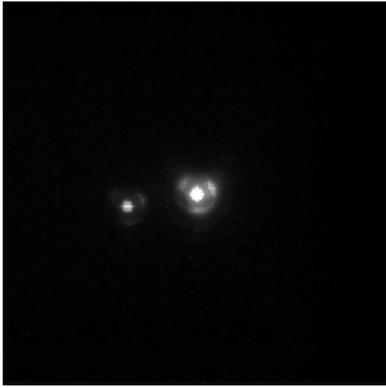
22146+2934 STF2881



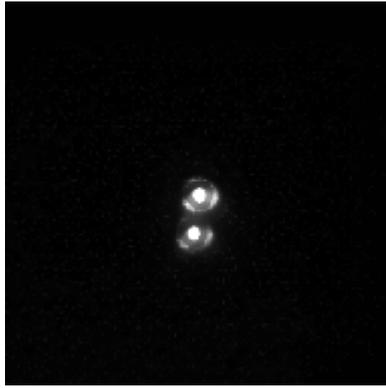
22158+4354 HO 180AB



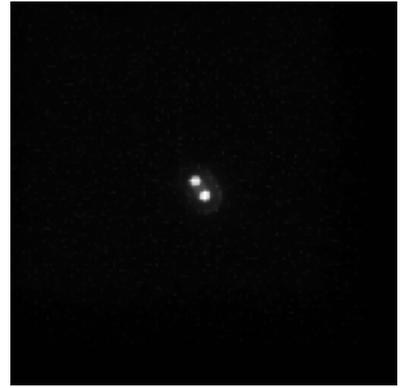
22206+5349 BU 379



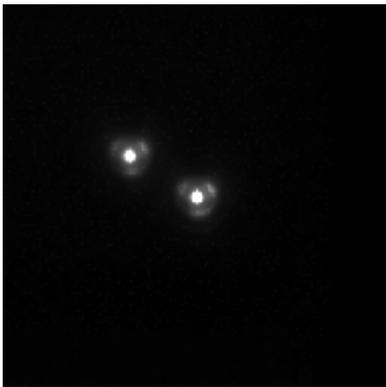
22218+6642 STF2903



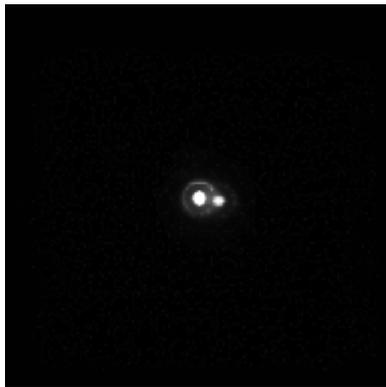
22288-0001 STF2909AB



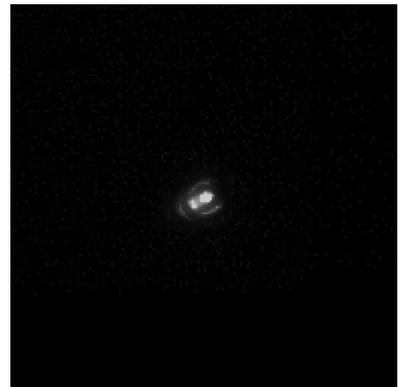
22470+4446 A 189AB



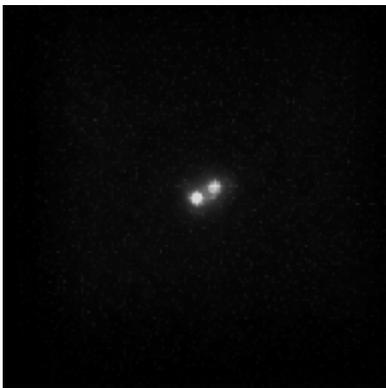
22490+6834 STF2947AB



22514+6142 STF2950AB



22537+4445 BU 382AB



22548+5914 BU 712AB



22560+5445 TDT3792



22564+2257 COU 240



22597+4149 HLD 56



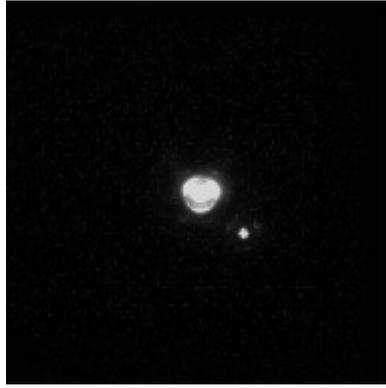
23047+4353 TDS1201



23103+3229 BU 385AB



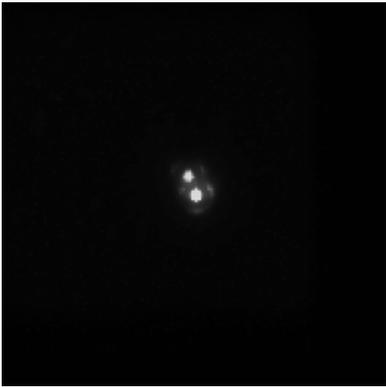
23162+5424 A 1482



23186+6807 STF3001AB



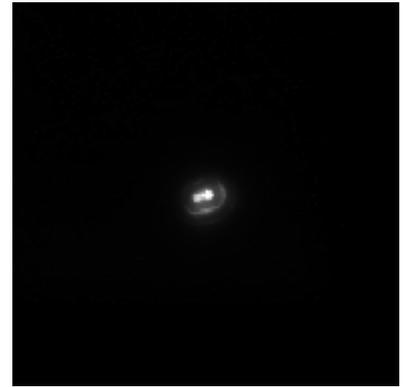
23244+6917 A 789



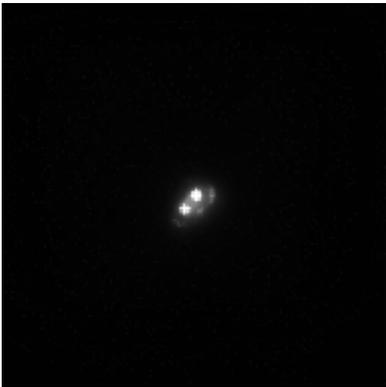
23277+7406 STF3017AB



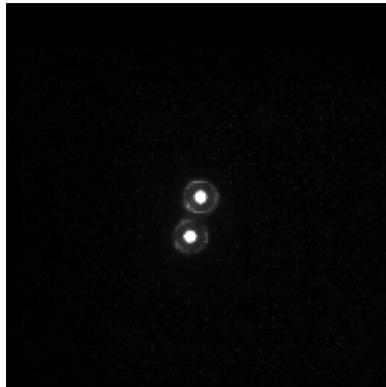
23292+4042 A 1487



23340+3120 BU 720



23420+2018 STT 503AB



23595+3343 STF3050AB

Astrometría de estrellas dobles desde cielos urbanos (6ª serie)

Double Stars Astrometry from Urban Skies (6th Series)

Margarita Granado Sánchez-Toscano

- Observatorio Pico del Tejo, Requena (Valencia) — IAU MPC G29
- Correo-e: mgranados41@enfermerafacultativa.com

En este artículo damos a conocer 95 nuevas mediciones de sistemas estelares dobles y múltiples, utilizando la técnica habitual empleada por la autora, hechas durante el año 2014.

This article discloses 95 new measurements of double and multiple star systems, using the standard technique used by the author, made in 2014.

Introducción

PRESENTAMOS NUEVAS MEDIDAS de sistemas dobles y múltiples realizadas sobre imágenes CCD tomadas durante el año 2014. El lugar de observación fue nuestro observatorio MPC-IAU G29, denominado “Pico del Tejo”, situado en la ciudad de Requena (Valencia, España).

Configuración óptica y metodología

El telescopio usado para la obtención de imágenes CCD fue un catadióptrico Cassegrain modificado de 200 mm. Vixen Visac VC200L a f9, unido a nuestra cámara SBIG ST-7E con 9x9 micras de tamaño de píxel, siempre a foco primario, dando como resultado una resolución de 1,032 arcsec/píxel y un campo de visión de 13,18 x 8,79 minutos de arco. A todas las tomas se les hizo la reducción con los darks, flats y darks para flats correspondientes.

Se ha empleado una montura Vixen Sphinx SXD implementada con la placa NexSXD y guiada con un tubo guía EZG-60 de Lunático y una cámara Luna-QHY5 monocroma.

Para el enfoque se empleó el software *Focus-Max* de Steve Brady y Larry Weber. El programa de captura empleado ha sido *CCDSofit v.5* de Software Bisque y el método de calibración del ángulo de la cámara fue la media aritmética de los ángulos dados por las soluciones astrométricas ofrecidas por el programa *Astrometrica* de Herbert Raab utilizando el catálogo UCAC 4, sobre las 10 primeras imágenes de cada serie a medir cuando fue posible y sobre la totalidad de ellas en las series que no llegaban a esa canti-

dad. Para la obtención de los valores astrométricos se usó el software *Reduc* del Florent Losse, empleándose para algunos sistemas su algoritmo *Surface*. Se descartaron aquellos valores de Theta y Rho cuyos residuos superaban en 2 veces la desviación estándar de cada medición.

Galería de imágenes

Todas las imágenes pertenecen a la autora, salvo en aquellos sistemas que tienen un alto movimiento propio en alguna de sus componentes donde se muestra una representación en color RGB de dicho movimiento, usando para ello imágenes tomadas de *Aladin* y pertenecientes a Palomar Observatory Sky Survey I y II (tabla 2).

Agradecimientos

Este trabajo se ha servido del *Washington Double Star Catalog* mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos, <http://ad.usno.navy.mil/wds>.

También se hizo uso de *CDS* (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) y sus herramientas asociadas para la consulta on-line de una gran cantidad de catálogos, <http://cds.ustrasbg.fr>.

En este trabajo se utilizó *Astrometrica*, software interactivo para la reducción astrométrica de datos sobre imágenes CCD. Autor: Herbert Raab, <http://www.astrometrica.at>.

Igualmente se usó *Reduc*, software para la medición astrométrica de estrellas dobles. Autor: Florent Losse, <http://astrosurf.com/hfosaf>. 

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA (°)	σ THETA (°)	RHO (")	σ RHO (")	N.º MEDIDAS	NOTAS
13258+4430	A 1609	AB,D	8,33	13,8	2014,4697	47,55	1,27	28,581	0,551	39	1
12295+2931	BU 1324	BC	10,64	9,44	2014,3902	180,61	0,09	75,39	0,099	26	1
02239+5522	BU 1373		6,29	14,6	2014,0176	130,38	1,48	10,932	0,276	10	
10113+1001	BU 1425	AC	9,85	10,96	2014,1824	203,37	0,01	340,065	0,075	25	
10113+1001	BU 1425	CD	10,96	11,02	2014,1824	233,36	0,03	133,746	0,11	25	
10113+0956	SMH 14		13,5	13,6	2014,1824	4,33	2,33	7,73	0,147	30	
02430+4816	BU 521	AC	6,28	11,69	2014,018	233,15	0,08	71,891	0,135	37	1
13169+1701	BU 800	AB	6,66	9,50	2014,3357	104,51	0,34	7,798	0,055	20	2
13169+1701	BU 800	AC	6,66	10,60	2014,3357	335,56	0,09	127,688	0,319	39	
13169+1701	BU 800	AD	6,66	10,70	2014,3357	74,75	0,36	35,432	0,183	24	
05247+3723	BU 888	AC	5,16	13,40	2014,0181	335,68	1,28	26,789	0,52	7	1
04517+4550	BUP 71		6,97	12,2	2014,1847	45,08	0,06	87,921	0,081	37	
07080+4650	ES 1240	AC	10,31	14,9	2014,1851	296,36	0,26	17,891	0,128	30	3
12050+6258	HJL1066	AD	10,11	9,29	2014,4231	271,67	0,05	143,099	0,057	33	4
12050+6258	MLB 209	AB	10,11	11,4	2014,4231	35,28	0,34	5,975	0,014	28	5
18047+2707	ES 471	AB	7,21	14,2	2014,4699	274,01	0,3	24,317	0,129	36	6
18047+2707	ES 471	AC	7,21	10,2	2014,4699	44,18	0,02	24,451	0,011	13	6
18047+2707	SLE 106	AD	7,21	11,03	2014,4699	244,52	0,03	88,378	0,061	33	7
18047+2707	SLE 106	AE	7,21	10,84	2014,4699	42,78	0,02	183,427	0,06	36	7
17259+1655	KUI 81	AC	6,34	13,8	2014,3331	218,15	0,36	23,233	0,284	10	1
13288+2757	LDS1391		10,24	14,2	2014,4968	44,81	0,08	134,666	0,14	18	
15415+3834	LDS4585		8,5	16	2014,3879	270,92	0,28	152,909	0,458	39	
15189+2915	LDS5168		11,94	16,1	2014,4233	193,45	0,08	62,526	0,142	15	
05163+3419	WAL 37	AC	6,03	9,4	2014,0182	262,12	0,02	218,989	0,081	26	8
07402+4206	SIN 29	AD	8,64	14,03	2014,0183	0,22	0,28	41,301	0,204	15	9
07402+4206	SIN 29	AE	8,64	12,38	2014,0183	229,29	0,07	65,148	0,077	16	9
07402+4206	SIN 29	AF	8,64	12,5	2014,0183	95,00	0,06	200,14	0,102	17	9
07402+4206	ES 1386	AB	8,64	11,32	2014,0183	68,95	0,12	8,871	0,045	17	10
08515+4610	ES 1146	AB	11,04	13,5	2014,1905	169,93	0,6	5,479	0,026	12	2
11511+1851	HJ 511	AB	9,13	12,09	2014,1853	245,03	0,12	33,851	0,109	27	11
08183+3859	STF1211	AC	9,65	14,9	2014,1849	14,82	0,3	51,703	0,248	24	1
08183+3859	STF1211	AD	9,65	10,05	2014,1849	133,46	0,03	123,006	0,074	20	1
14152+4658	STF1826	AC	8,94	12,6	2014,4561	173,29	0,25	43,753	0,183	34	
14152+4658	STF1826	AB	8,94	9,69	2014,4561	310,26	1,16	4,354	0,017	24	2
14514+1906	STF1888	AC	4,76	12,6	2014,1883	340,79	0,38	74,179	0,294	12	
14514+1906	STF1888	AD	4,76	9,6	2014,1883	287,21	0,06	161,283	0,76	11	
14514+1906	ARN 11	AE	4,76	8,65	2014,1883	98,27	0,03	267,784	0,873	10	
14514+1906	STF1888	AB	4,76	6,95	2014,1883	306,8	1,17	5,335	0,073	11	2
16089+4521	STF2015	AC	8,24	13,8	2014,336	98,67	0,78	9,166	0,228	16	12

(Continúa en la página siguiente)

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

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA (°)	σ THETA (°)	RHO (")	σ RHO (")	N.º MEDIDAS	NOTAS
14325+4911	STT 581	AC	8,07	11,77	2014,3326	127,87	0,34	6,011	0,072	17	12
16117+3321	STT 305	AB	6,44	10,17	2014,3878	264,55	0,44	5,443	0,073	25	13
09109+6331	H 5 73	AB	4,68	11,42	2014,3874	35,92	0,08	52,088	0,162	24	14
09109+6331	STU 7	AC	4,68	11,5	2014,3874	6,94	0,05	126,916	0,094	21	15
04200+3630	WOR 14		9,00	12	2014,1818	321,11	0,3	24,545	0,147	26	
15194+4550	HJ 2776	AB	11,30	13,72	2014,5244	311,2	0,35	14,225	0,075	24	16
19466+3253	S 726	AD	6,31	9,6	2014,5685	191,28	0,01	28,922	0,019	13	17
21395+4144	STT 447	AC	7,67	12,2	2014,5386	176,93	0,47	13,958	0,071	35	18
21395+4144	BU 449	AD	7,67	13	2014,5386	248,01	0,3	18,847	0,055	26	
21395+4144	STT 447	AE	7,67	8,48	2014,5386	44,58	0,14	28,942	0,072	35	
21395+4144	ABH 148	AG	7,67	14,80	2014,5386	336,67	0,15	33,746	0,114	20	
21395+4144	ABH 148	AH	7,67	13,79	2014,5386	262,74	0,08	74,347	0,146	29	
21395+4144	ABH 148	AI	7,67	11,65	2014,5386	271,3	0,01	92,882	0,005	10	
21395+4144	ABH 148	AJ	7,67	13,88	2014,5386	94,5	0,12	71,168	0,178	33	
21395+4144	ABH 148	AK	7,67	11,65	2014,5386	45,56	0,05	70,716	0,062	32	19
21395+4144	FOX 262	EF	8,48	11,56	2014,5386	46,23	0,12	41,783	0,027	22	20
18570+3254	BU 648	AB,C	5,22	11,00	2014,5382	293,36	0,03	75,615	0,157	27	1
18570+3254	BU 648	AB,D	5,22	12,20	2014,5382	200,6	0,11	83,907	0,148	35	1
18570+3254	BU 648	AE	5,34	12,50	2014,5382	317,94	0,08	124,129	0,168	39	
18570+3254	BU 648	AF	5,34	12,60	2014,5382	77,88	0,05	86,59	0,091	32	
20137+4323	BU 660	AC	6,29	12,92	2014,5385	189,74	0,01	58,125	0,014	10	
18193+4724	ES 1158		8,74	12,20	2014,5683	195,84	1,3	5,783	0,185	29	2
19537+4936	ES 2685		8,54	11,80	2014,6668	265,9	1,83	6,181	1,003	15	2
19535+4939	ARG 87		10,57	10,60	2014,6668	270,81	0,22	14,719	0,093	18	
21292+4500	ES 99		9,40	12,80	2014,5524	200,45	1,36	5,008	0,122	33	2
19079+4050	HJ 1370	AB	8,83	14,00	2014,5549	359,91	0,14	9,086	0,056	26	2
19079+4050	HJ 1370	AC	8,83	11,20	2014,5549	326,27	0,02	26,082	0,007	18	
19506+3843	HJ 603	AB	5,38	10,54	2014,5276	114,55	0,08	56,718	0,084	28	
19506+3843	HJ 603	AC	5,38	12,60	2014,5276	318,15	0,09	96,691	0,207	24	
19506+3843	HJ 603	AD	5,38	11,90	2014,5276	309,52	0,03	163,942	0,129	22	
19506+3843	HJ 603	BC	10,54	12,60	2014,5276	309,44	0,05	150,301	0,182	25	2
19506+3843	HJ 603	BE	10,54	13,50	2014,5276	10,5	0,22	20,928	0,131	18	2
21000+3655	SEI1360	AB	11,21	13,20	2014,5796	45,72	0,28	21,93	0,104	32	
21000+3655	TOB 208	AC	11,21	12,20	2014,5796	231,59	0,09	32,107	0,019	12	
21002+3658	HO 147	AC	8,01	12,80	2014,5796	248,33	0,06	26,234	0,021	15	
21002+3658	HO 147	AB	8,01	14,10	2014,5796	352,56	0,55	7,982	0,112	33	2
18549+4136	HO 270	AC	5,44	11,50	2014,5521	38,84	0,38	24,095	0,097	38	1
19145+2945	J 3313		8,94	14,00	2014,5794	28,63	0,27	11,507	0,065	21	2
18437+2332	POU3506		9,30	13,50	2014,5247	85,55	0,5	8,499	0,108	23	2
18330+3136	STF2340	AB	9,21	10,24	2014,6503	104,08	0,34	25,025	0,188	6	

(Continúa en la página siguiente)

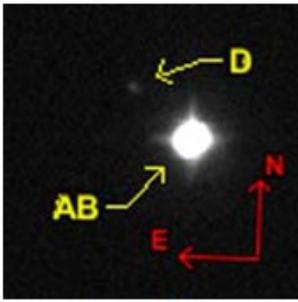
TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA (°)	σ THETA (°)	RHO (")	σ RHO (")	N.º MEDIDAS	NOTAS
18330+3136	STF2340	AC	9,21	10,8	2014,6503	150,02	0,04	223,036	0,174	6	
18330+3136	STF2340	BC	10,24	10,8	2014,6503	155,02	0,03	206,419	0,099	6	
17222+2605	HO 414	AC	9,43	12,78	2014,5273	303,39	0,13	30,689	0,094	27	1
17300+3035	GRV 957		10,86	11,34	2014,5545	29,96	0,27	11,448	0,016	21	
16448+3544	POP1222	AD	9,37	8,91	2014,5271	6,45	0,04	158,762	0,068	34	
16448+3544	STF2097	AC	9,37	13,88	2014,5271	183,8	0,09	44,973	0,165	30	1
19074+3230	STF2461	AC	5,26	10,8	2014,5275	54,11	0,02	291,86	0,092	13	1
19074+3230	STF2461	AD	5,26	8,99	2014,5275	291,67	0,01	137,801	0,055	8	
19074+3230	STF2461	AE	5,26	10,9	2014,5275	119,48	0,03	140,074	0,093	13	
19074+3230	STF2461	AF	5,26	10,59	2014,5275	351,92	0,03	167,312	0,143	13	
19074+3230	STF2461	AI	5,26	13,5	2014,5275	41,42	0,22	38,562	0,754	11	
19074+3230	STF2461	EG	10,9	12,9	2014,5275	59,5	0,1	115,792	0,154	12	
19074+3230	STF2461	CE	10,8	10,9	2014,5275	205,5	0,02	265,954	0,104	12	
19074+3230	STF2461	CG	10,8	12,9	2014,5275	184,64	0,03	181,89	0,243	9	
19074+3230	STF2461	CH	10,8	13	2014,5275	295,3	0,1	57,252	0,247	10	
19074+3230	STF2461	CR	10,8	14,6	2014,5275	225,18	0,17	114,885	0,092	3	

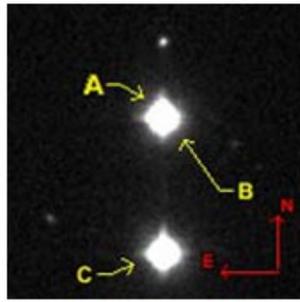
Notas

- Componentes AB no resolubles.
- Medida con el algoritmo SURFACE.
- Componente B no identificado.
- Comparte componente A con MLB 209AB y con ES 2640AC. No se puede identificar la componente C de este último.
- Comparte componente A con HJL1066AD y con ES 2640AC. No se puede identificar la componente C de este último.
- Comparte componente A con SLE 106.
- Comparte componente A con ES 471.
- Comparte componente A con TRN 17 Aa, Ab y con SEI 136AB.
- Comparte componente A con ES 1386AB.
- Medida con el algoritmo Surface. Comparte componente A con SIN 29.
- Comparte componente A con SIN 67AC, del que no se identifica la componente C.
- Medida con el algoritmo Surface. Componentes A y B no resolubles.
- Medida con el algoritmo Surface. Componentes C y D no identificables.
- Comparte componente A con STU 7AC.
- Comparte componente A con H 5 73AB.
- Comparte componente A con BU 1446AC. No se localiza la componente C de esta última.
- Comparte componente A con HO 114AB y BU 1472. Componentes A, B y C irresolubles.
- Comparte componente A con BU 449 y ABH 148.
- Comparte componente secundaria con FOX 262EF.
- Comparte componente secundaria con ABH 148AK.

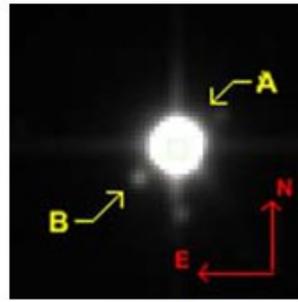
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



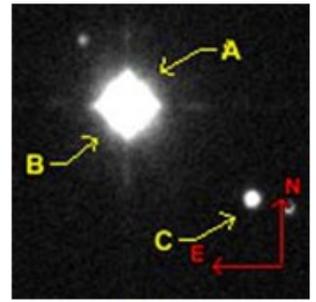
A 1609ABD



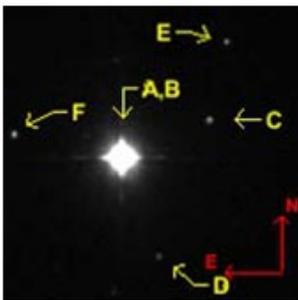
BU 1324BC



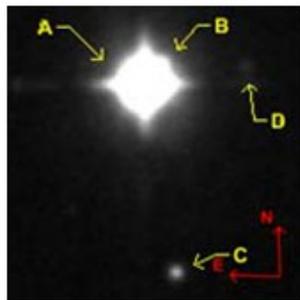
BU 1373



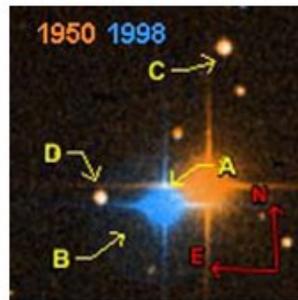
BU 521



BU 648



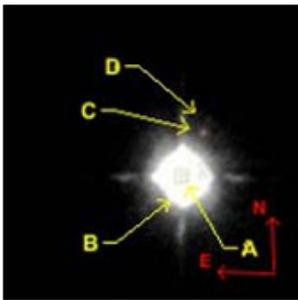
BU 660



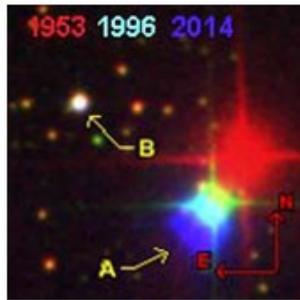
BU 800



BU 800AB (Surface)



BU 888



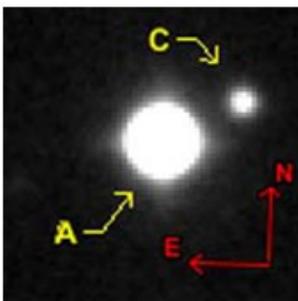
BUP 71



ES1146AB (Surface)



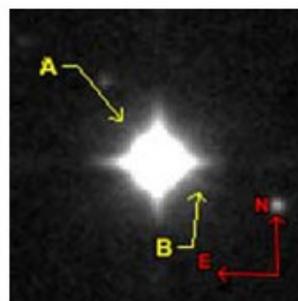
ES 1158 (Surface)



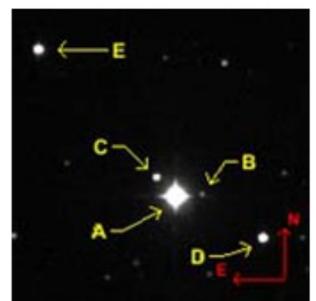
ES 1240AC



ES 2685 (Surface)



ES 2685

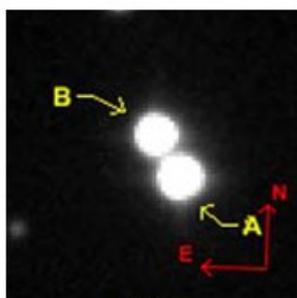


ES 471

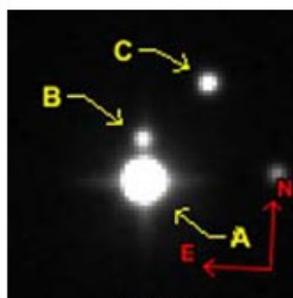
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)



ES 99 (Surface)



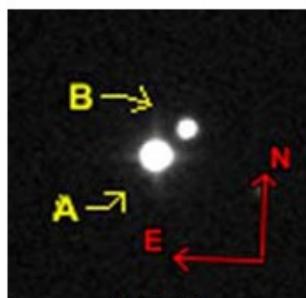
GRV 957



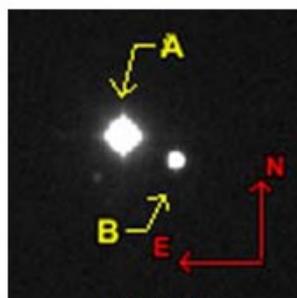
HJ 1370



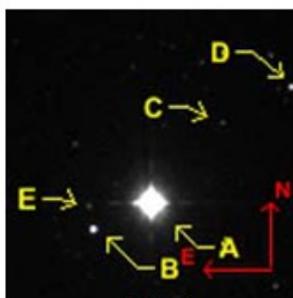
HJ1370AB (Surface)



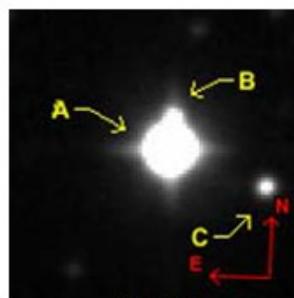
HJ 2776AB



HJ 511AB



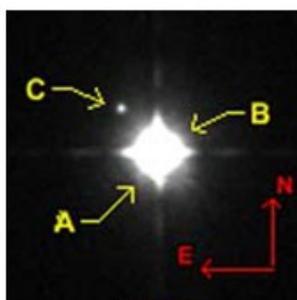
HJ 603



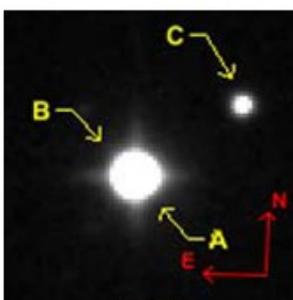
HO 147



HO 147AB (Surface)



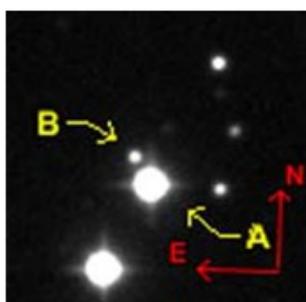
HO 270



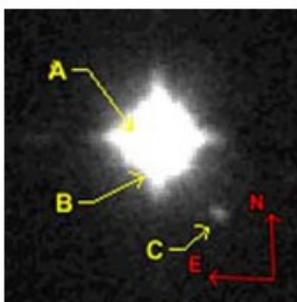
HO 414



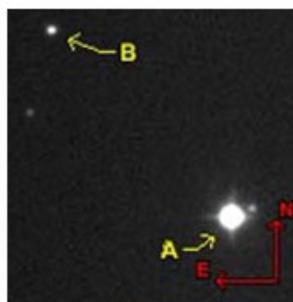
J 3313AB (Surface)



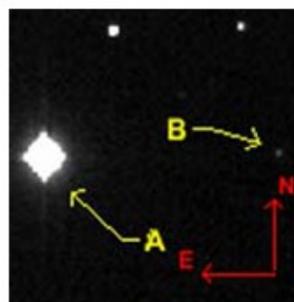
J 3313



KUI 81

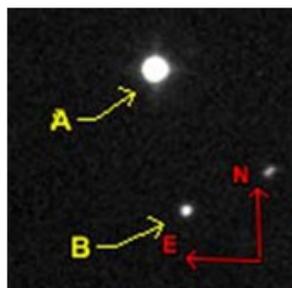


LDS1391



LDS4585

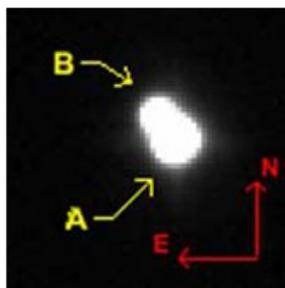
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)



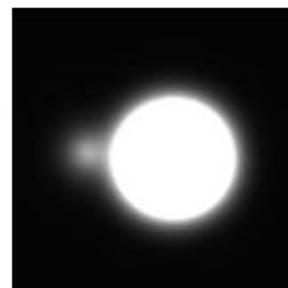
LDS5168



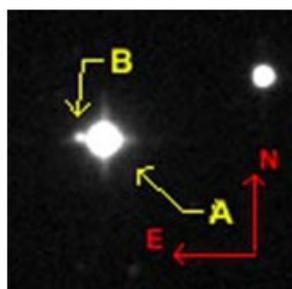
MLB209AB (Surface)



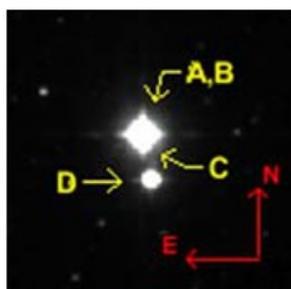
MLB 209AB



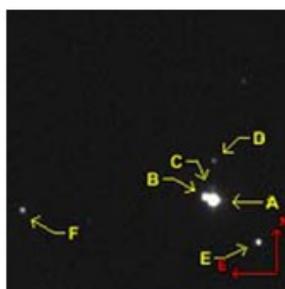
POU3506 (Surface)



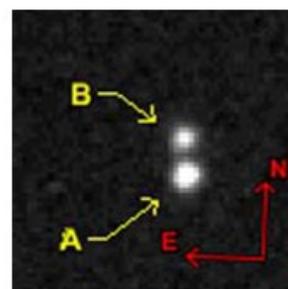
POU3506



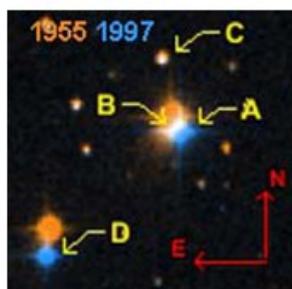
S 726AD



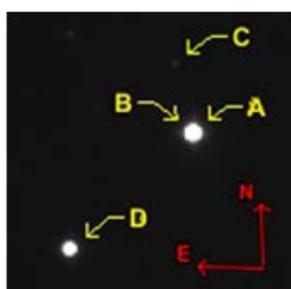
SIN 29



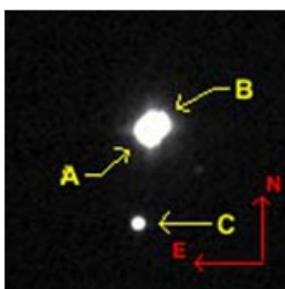
SMH 14



STF1211



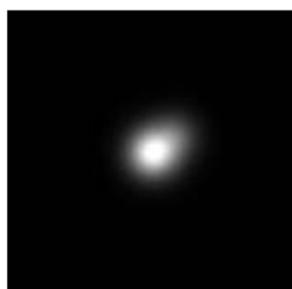
STF1211



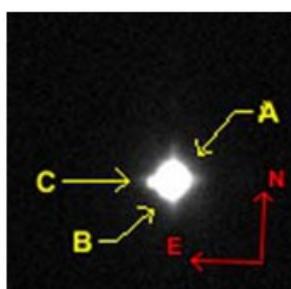
STF1826



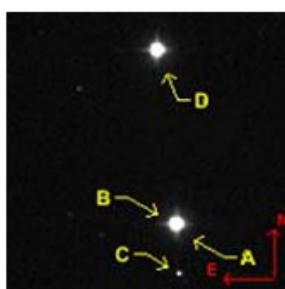
ST1826AB (Surface)



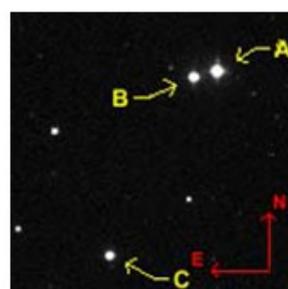
ST1888AB (Surface)



STF2015AC



STF2097



STF2340

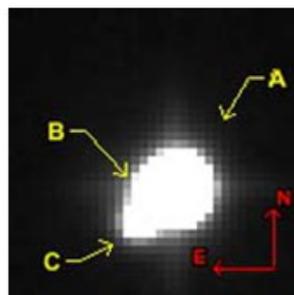
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)



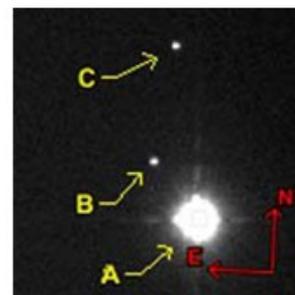
STT305AB (Surface)



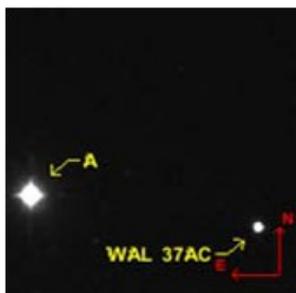
STT581AC (Surface)



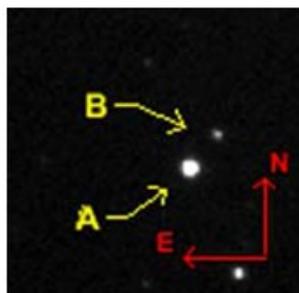
STT 581AC



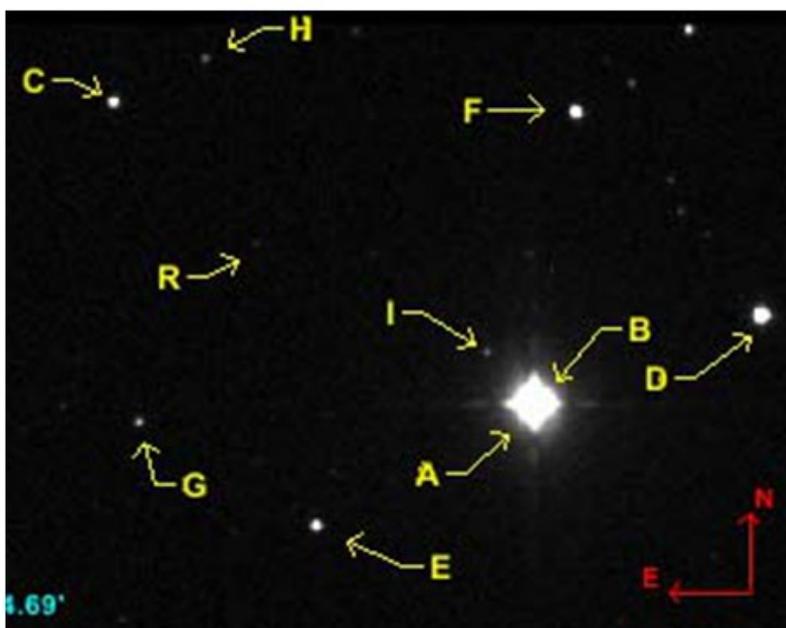
STU 7



WAL 37AC



WOR 14



STF2461

Observación de estrellas dobles abandonadas (8ª serie)

Neglected Double Stars Observations (8th Series)

Lluís Ribé de Pont

- Agrupación Astronómica de Sabadell (AAS)
- Correo-e: luisribedepont@gmail.com

En este artículo presentamos las medidas de 49 estrellas dobles abandonadas, extraídas del WDS, realizadas desde una zona urbana cercana a Barcelona.

We present measurements of 49 neglected stars, extracted from the WDS. They are made from an urban area near Barcelona.

Introducción

EN SIETE ANTERIORES ARTÍCULOS (Ribé, 2012) [1], (Ribé, 2013a) [2], (Ribé, 2013b) [3], (Ribé 2014a) [4], (Ribé 2014b) [5], (Ribé 2015a) [6] y (Ribé 2015b) [7] se presentaban los resultados de medidas de estrellas dobles realizados desde el Observatorio Viamar (MPC C84), situado en la azotea de mi domicilio en Badalona (Barcelona).

Ahora presentamos las medidas de 49 estrellas dobles abandonadas a partir de imágenes CCD tomadas los meses de mayo y junio. Se trata de estrellas pocas veces observadas, recogidas en el elenco de *neglecteds* del WDS [8].

En primer lugar se ha realizado un filtrado 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 Aladin [9] 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 16IC-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 [10]. También hemos tomado 5 imágenes de 10" para hacer la reducción con *Astrometrica* [11]. Para gobernar el telescopio se ha hecho uso del programa The Sky6 Pro [12].

La reducción astrométrica ha sido realizada con el software *Astrometrica* desarrollado por Herbert Raab y el catálogo UCAC 3, que nos ha proporcionado la escala de placa y la orientación de las imágenes. Con esos datos hemos podido hallar el ángulo y la separación de los pares con el software *Reduc* de Florent Losse [13].

Astrometría relativa

En la tabla 1 se listan los resultados obtenidos para cada uno de los 49 pares, así como algunos datos complementarios en forma de notas.

Álbum fotográfico

Se muestran las imágenes de los pares observados. Son recortes de 128x128 y 256x256 píxeles 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). ©

Referencias

- [1] Lluís Ribé de Pont; *Observación de 33 estrellas dobles olvidadas*, OED 9, 2012, 51-52.
- [2] Lluís Ribé de Pont; *Observación de estrellas dobles olvidadas: 2ª serie*, OED 10, 2013, 64-69.
- [3] Lluís Ribé de Pont; *Observación de estrellas dobles olvidadas: 3ª serie*, OED 11, 2013, 66-70.
- [4] Lluís Ribé de Pont; *Observación de estrellas dobles olvidadas: 4ª serie*, OED 12, 2014, 35-42.
- [5] Lluís Ribé de Pont; *Observación de estrellas dobles olvidadas: 5ª serie*, OED 13, 2014, 37-43.
- [6] Lluís Ribé de Pont; *Observación de estrellas dobles olvidadas: 6ª serie*, OED 14, 2015, 57-60
- [7] Lluís Ribé de Pont; *Observación de estrellas dobles olvidadas: 7ª serie*, OED 15, 2015, 76-81
- [8] The Washington Visual Double Star Catalog (WDS). <http://ad.usno.navy.mil/wds> Mason B.D., Wycoff G.L., Hartkopp W.I., Douglas G.G., Worley C.E
- [9] Aladin. Centre de Données astronomiques de Strasbourg, <http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>.
- [10] Astroart, <http://www.msb-astroart.com/>
- [11] Raab H., 1993-2011, Software *Astrometrica*. Disponible en: <http://www.astrometrica.at>
- [12] Software Bisque, Inc. 912 12th Street Golden, Colorado, 80401-11141 USA <http://www.bisque.com>
- [13] Reduc. Florent Losse. <http://astrosurf.com/hfosaf/>

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	THETA	ERROR THETA	RHO	ERROR RHO	ÉPOCA	NOTAS
16289+1825	STF 2052	AC	7	11,1	141,4	0,11	141,377	0,111	2015,373	
16306+5521	STI 2342		11,5	12,1	340,5	0,28	11,55	0,1	2015,373	
17207+3228	DOR 1	BC	9,7	12,9	251,9	1,65	5,695	0,95	2015,373	
18066+5001	STF 2290	Aa-C	8,8	12,6	69,19	0,05	178,127	0,094	2015,373	
18073+0934	STT 342	AC	3,73	11	162,5	0,22	64,331	0,084	2015,373	
18075+5514	STI 2369		12,3	12,6	188,4	0,38	15,4	0,09	2015,373	
18092+4314	ES 1417	AB	9,5	10,4	205,9	0,34	13,876	0,096	2015,373	
18097+5329	BEM 31		10,6	11,4	305,7	0,43	11,948	0,084	2015,373	1
18200+2120	AG 221	AC	9,1	12,1	9,49	0,4	9,656	0,194	2015,373	
18292+2933	HO 434		7	12,6	184,2	0,39	18,812	0,077	2015,463	
18551+1717	COU 721	AC	9,3	11	149,1	0,32	17,471	0,094	2015,463	
18553+2443	POU 3593		11,1	12,4	195,1	0,39	10,274	0,097	2015,463	
18568+2421	POU 3604		11,6	12,2	60,58	0,35	11,281	0,093	2015,463	
18570+3254	BU 648	AB-C	5,22	11	292,9	0,14	76,31	0,091	2015,463	
18570+3254	BU 648	AE	5,2	12,4	317,5	0,12	124,759	0,087	2015,463	
18570+3254	BU 648	AF	5,2	12,5	77,86	0,11	85,921	0,09	2015,463	
19326+3434	SEI 622		10	10	302,9	0,5	8,322	0,067	2015,468	2
19473+1128	J 2185	AB	8,5	12	182,4	0,29	46,942	0,093	2015,468	
19473+2517	POU 4075		12,3	12,4	104	0,47	10,721	0,078	2015,468	
19484+3144	ES 354		9,1	12	332,7	0,43	9,856	0,093	2015,468	
19490+3731	ES 2499		10	11,5	155,6	0,43	6,108	0,084	2015,468	
19521+1138	BUP 200		6,13	11,7	127,9	0,09	87,753	0,098	2015,468	
20022+3154	SEI 802		10,7	12,5	312,1	0,3	20,021	0,075	2015,471	
20022+3332	SEI 801		9,8	10,3	106,9	0,47	7,867	0,085	2015,471	
20033+2318	POU 4196		12,5	12,7	0,5	0,34	9,134	0,095	2015,471	
20046+3455	SEI 838		10,5	11	204,8	0,37	27,278	0,082	2015,471	
20055+4037	WFC 228		12,2	12,5	167	0,42	13,676	0,094	2015,471	
20055+5800	A 866	A-BC	9,16	10,2	171,6	0,31	44,863	0,092	2015,479	
20057+5925	HJ 2934	AB	9,9	12,9	310,7	0,52	9,717	0,226	2015,479	
20058+2313	POU 4212		10,9	11,9	106,1	0,43	11,876	0,082	2015,479	
20061+3417	GYL 88		10,5	11	151,6	0,45	9,903	0,063	2015,482	

(Continúa en la página siguiente)

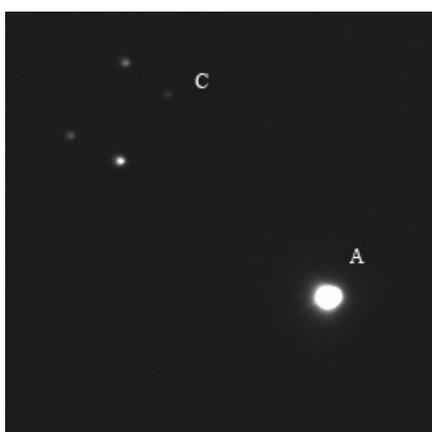
TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	THETA	ERROR THETA	RHO	ERROR RHO	ÉPOCA	NOTAS
20064+3558	BUP 204	AC	5,36	11,6	77,34	0,26	42,729	0,089	2015,482	
20066+5959	STI 944		12,1	12,8	256,1	0,42	8,295	0,086	2015,482	
20078+3055	COU 31		10	12,5	324,6	0,51	11,438	0,071	2015,488	
20084+5524	STI 2503		9,8	12,9	158	0,31	10,855	0,078	2015,488	
20096+1648	STF 2634	AC	7,7	12,6	300,6	0,25	65,04	0,091	2015,488	
20101+0827	STF 2635	AC	6,7	12,4	37,94	0,21	88,878	0,101	2015,488	
20109+3612	SEI 959		10	10	70,54	0,5	21,561	0,064	2015,488	
20111+3626	ALI 414		12,3	12,8	215	0,48	11,589	0,071	2015,488	
20112+3120	SEI 960		10	11	222,6	0,34	6,404	0,082	2015,488	
20116+5539	STI 2511		11,5	11,3	336,5	0,43	13,066	0,08	2015,488	3
20122+1512	CHE 188	AC	9,95	11	75,3	0,38	33,657	0,084	2015,488	
20123+1607	CHE 189		9,94	11,5	84,41	0,36	18,102	0,083	2015,488	
20127+1806	J 2302	AB	9,4	11,5	49,32	0,4	23,764	0,087	2015,49	
20127+3642	SEI 1007		9,5	11	238,1	0,38	22,81	0,104	2015,49	
20127+5924	STI 953		11,4	12,4	12,23	0,26	20,286	0,09	2015,49	
20128+1504	CHE 200		10,13	11	147,3	0,41	13,273	0,084	2015,49	4
20130+1533	CHE 205		10,33	11	338,3	0,42	23,481	0,081	2015,49	
20132+1503	CHE 208		10,38	10,5	120,6	0,38	25,264	0,095	2015,49	

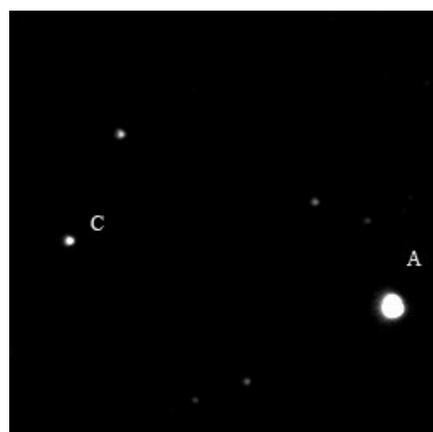
Notas

1. **BEM 31**: En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
2. **SEI 622**: En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
3. **STI 2511**: En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.
4. **CHE 200**: En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.

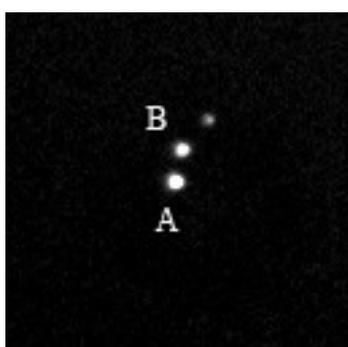
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



STF 2052 AC



STF 2290Aa-C



STI 2342



DOR 1 BC

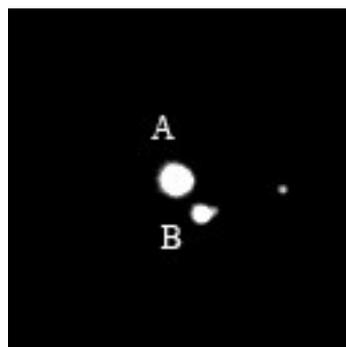
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)



STT 342 AC



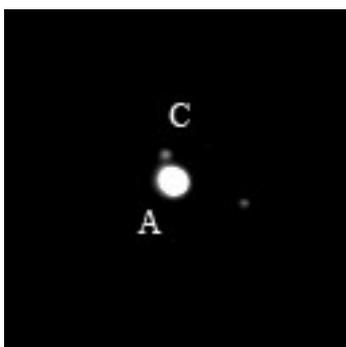
STI 2369



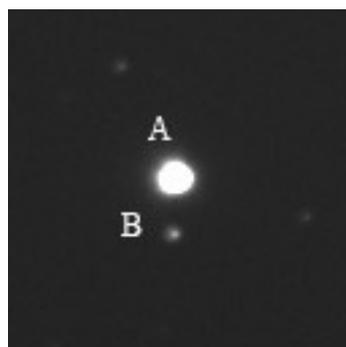
ES 1417 AB



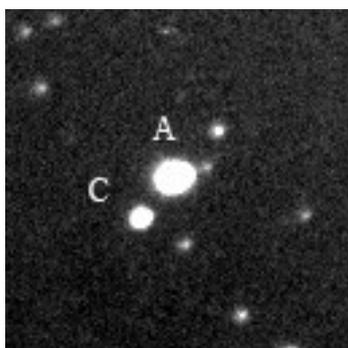
BEM 31



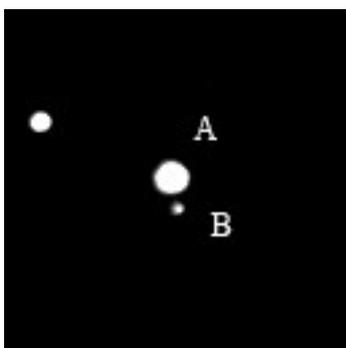
AG 221 AC



HO 434



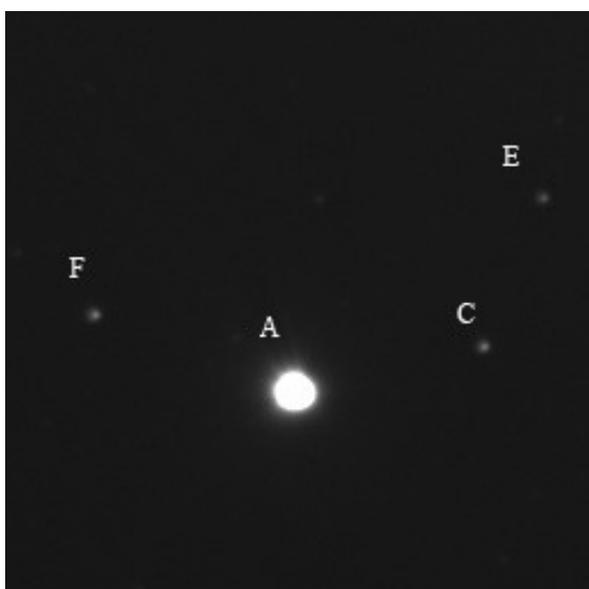
COU 721 AC



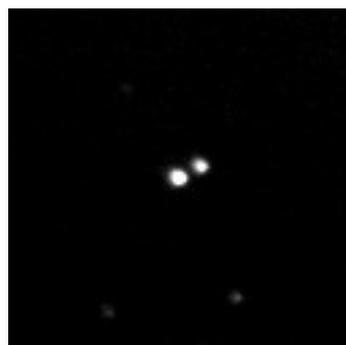
POU 3593



POU 3604

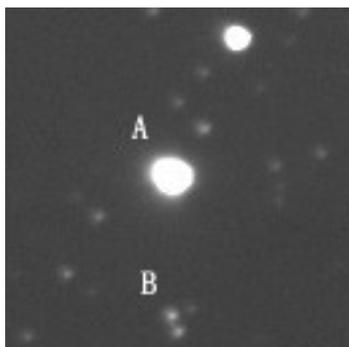


BU 648 AB-C, AE y AF



SEI 622

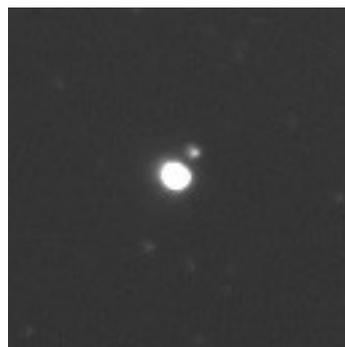
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)



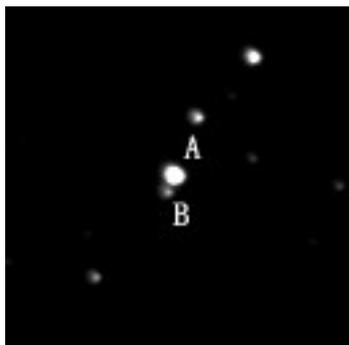
J 2185 AB



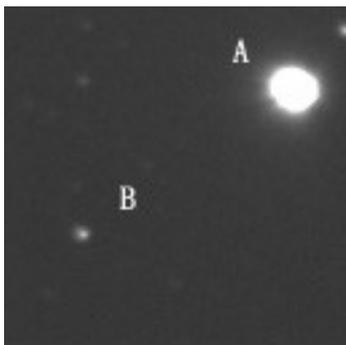
POU 4075



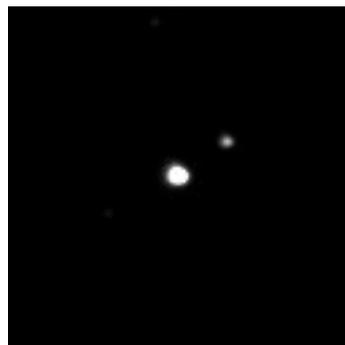
ES 354



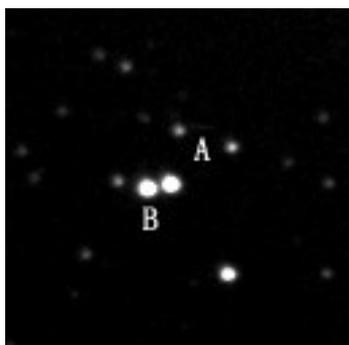
ES 2499



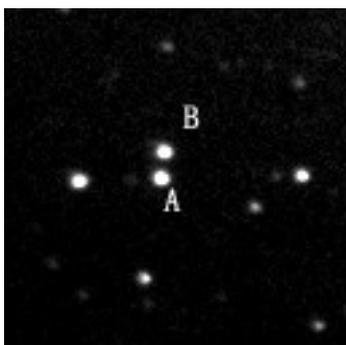
BUP 200



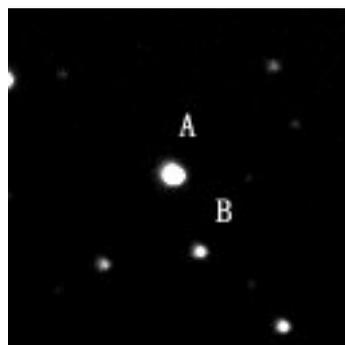
SEI 802



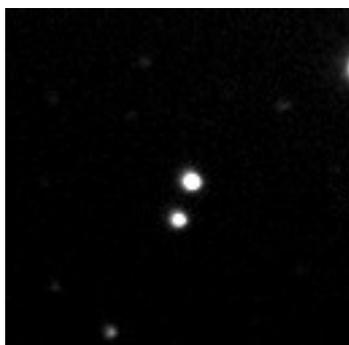
SEI 801



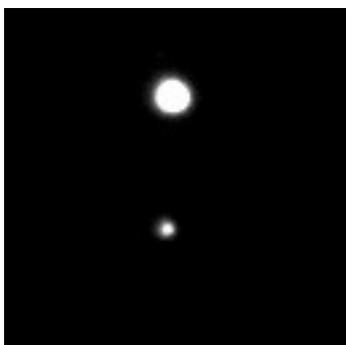
POU 4196



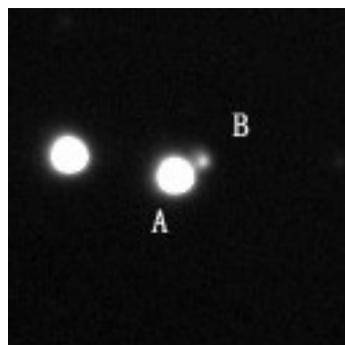
SEI 838



WFC 228

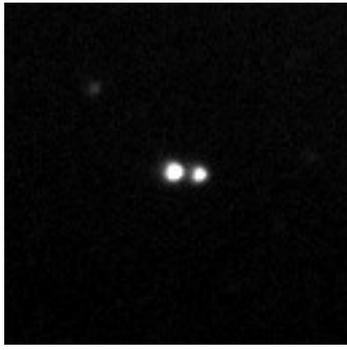


A 866 A-BC

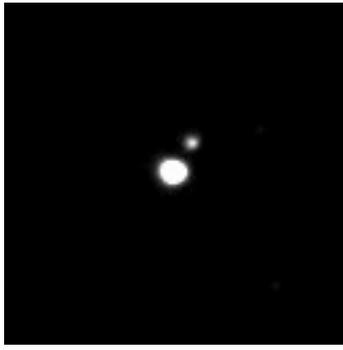


HJ 2934 AB

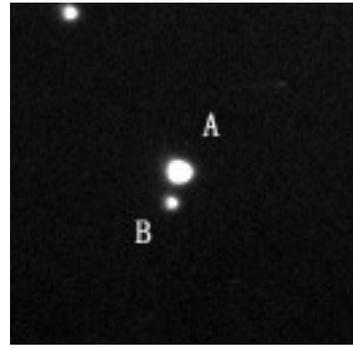
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)



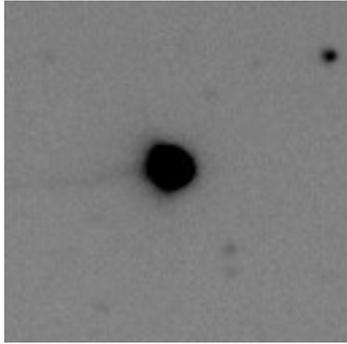
STI 944



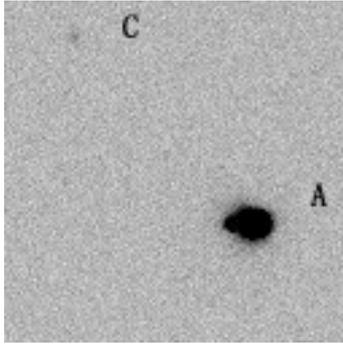
COU 31



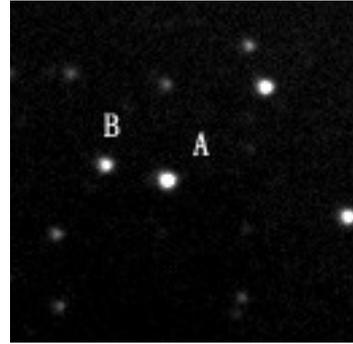
STI 2503



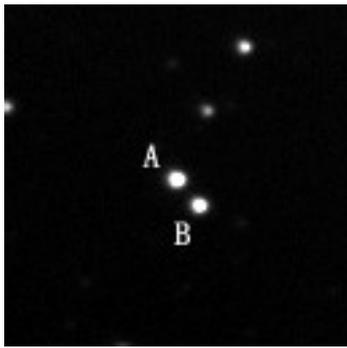
STF 2634 AC



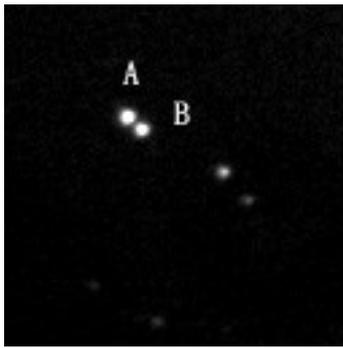
STF 2635 AC



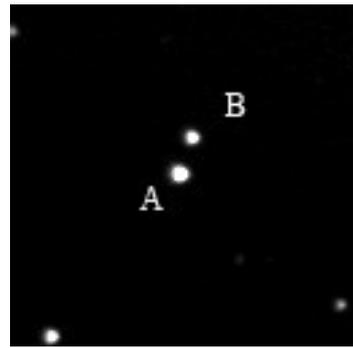
SEI 959



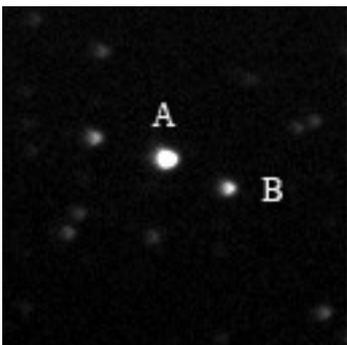
ALI 414



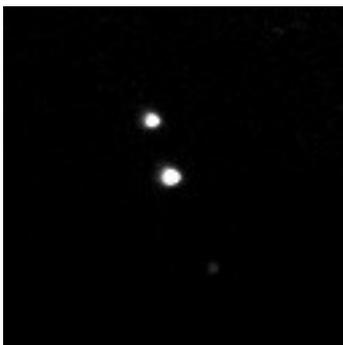
SEI 960



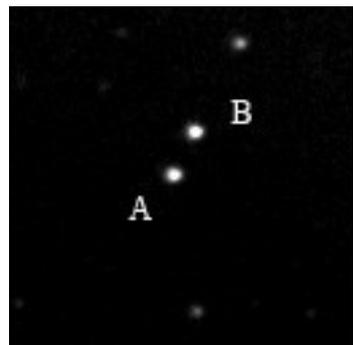
STI 2511



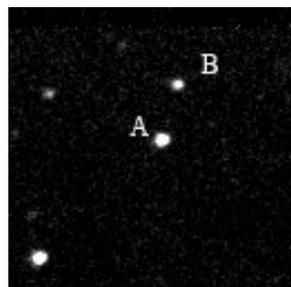
SEI 1007



STI 953



CHE 200



CHE 205



CHE 208

Medidas de estrellas dobles en Cygnus (verano de 2014)

Measurements of Double Stars in Cygnus (Summer 2014)

Javier M. López Cuñat

- Astroingeo (Asociación Universitaria de Astronomía de la Universidad de Alicante)
- Correo-e: javloc@yahoo.es

Se presentan los resultados de las observaciones realizadas durante los meses de julio y agosto de 2014. Las estrellas dobles se seleccionaron del catálogo WDS y pertenecen a la constelación del Cisne. La mayoría de ellas fueron localizadas y capturadas con CCD. Algunas son dobles “abandonadas” y otras no aparecen en el catálogo WDS.

The results of the observations made during July and August 2014 are presented. The double stars were selected from the WDS catalog and they belong to the Cygnus constellation. Most of them were located and imaged with CCD. Some are neglected doubles and others do not appear in the WDS catalog.

Introducción

INICIALMENTE se seleccionó un conjunto de dobles “abandonadas” del catálogo *Washington Double Star Catalog* (Mason *et al.*, 2001) localizadas en la constelación del Cisne, con el ánimo de estimar su astrometría. Posteriormente, se midieron también las otras dobles que aparecieron en las imágenes capturadas. Las medidas de los pares observados se listan en la tabla 1. Esta tabla también contiene las entradas de pares no localizados, y de algunos pares no catalogados que destacaron en las imágenes CCD capturadas. Se acompaña con la tabla 2, donde figuran las correspondientes notas. La tabla 3 contiene un álbum fotográfico con recortes 1,6'x1,6' de las imágenes FITS.

Las observaciones se realizaron durante los meses de julio y agosto de 2014 desde varios lugares que se indican en la tabla 2 con los siguientes códigos: “S” representa “Ermita de San Isidro en Salinas (Alicante, Longitud 0 55 43,0 W, Latitud 38 30 38,9 N, Altitud 614 m)”, “A” indica “Ciudad de Alicante (Longitud 0 29 22,9 W, Latitud 38 17 56,4 N, Altitud 20 m)” y “M” denota “El Moralet (Alicante, Longitud 0 34 45,8 W, Latitud 38 27 10,1 N, Altitud 294 m)”.

Configuración óptica

La disposición óptica empleada, desde el exterior hasta la cámara, fue la siguiente: SC-8 Meade, espejo basculante Meade #647, rueda portafiltros Orion, obturador de Scopestuff, y cámara Meade DSI Pro III. En todas las capturas se utilizó un filtro V de Johnson (Astrodron) en la rueda portafiltros. La focal efectiva conseguida fue de 2276 mm aproximadamente,

con una resolución de 0,59"/píxel, según el procesamiento de las imágenes FITS realizada mediante el software *Astrometrica* (Raab, 2013) utilizando el catálogo UCAC4 (Zacharias *et al.*, 2013).

Metodología

Tras localizar el campo estelar correspondiente, utilizando el software *SkyChart / Cartes du Ciel* (Chevalley, 2014) con el telescopio Meade LXD75, se capturaron imágenes mediante el software *Envisage* con tiempos de exposición de 1 segundo. Un dossier sobre las cámaras Meade DSI Pro y el software *Envisage* puede consultarse en (Masa, 2010). A cada imagen FITS se le restó automáticamente la toma dark correspondiente a la temperatura de la cámara. En casi todas las sesiones de observación, sin cambiar el enfoque, se capturaron también tomas flat-dark que, una vez normalizadas, sirvieron para calibrar posteriormente las imágenes. En la calibración se utilizó el software *ImageJ* (Rasband, 1997-2014). Las imágenes calibradas se alinearon y promediaron con *Envisage* para obtener las imágenes compuestas que finalmente se utilizaron en las medidas. En la columna “I. Comp.” de la tabla 2 se indican el número mínimo y el máximo de imágenes calibradas que se utilizaron para obtener las imágenes compuestas. El número de imágenes compuestas FITS que sirvieron para medir cada doble se indica en la columna “Nº img.” de la tabla 1.

Para localizar los campos de las imágenes e identificar los objetos fue de gran ayuda el software *Aladin Sky Atlas*. (Bonnarel *et al.*, 2000). Todas las imágenes FITS se procesaron con el software *Astrometrica* (Raab, 2013), utilizando los catálogos UCAC4 (Zacharias *et al.*, 2013) y CMC15 (Muiños & Evans,

2014) para la astrometría y fotometría, respectivamente. Como la sensibilidad espectral del chip de la cámara (Sony ICX285AL) se centra sobre la frecuencia de 550 nm, y las capturas se tomaron a través de un filtro V de Johnson, se eligieron los ajustes ColorBand = Visual(V) y Filter = V(Cousins) en *Astrometrica* (Raab, 2013). En algunos casos, fue preciso utilizar además el software *Reduc* (Losse, 2008), junto con sus herramientas *QuadPx* (Mighell & Rich, 1995, Apéndice B) y *Surface* (Morlet & Salaman, 2005-06). En la columna “Astr.” de la tabla 2 se indica la letra A cuando se utilizó *Astrometrica*, y se añaden las letras R, Q y S cuando además se utilizaron *Reduc*, *QuadPx* y *Surface*, respectivamente. En este último caso, los valores Delta y E para la calibración de *Reduc* se obtuvieron de los valores CROTA y CDELTA de los archivos FITS de las imágenes procesadas con *Astrometrica*. La columna “Coord.” de la tabla 2 contiene las coordenadas J2000 estimadas para las estrellas primarias. Los valores de las desviaciones estándar de las medidas Theta y Rho de la tabla 1, se encuentran en las columnas “sTheta” y “sRho” de la tabla 2.

La columna “WDS Mags.” de la tabla 1 contiene las magnitudes V del catálogo WDS. Tales valores se complementan con los que figuran en las columnas “mgPr” y “mgSc” de la tabla 2, que se corresponden con las estimaciones obtenidas para las componentes primaria y secundaria respectivamente (con sus respectivas desviaciones estándar). En la columna “Fot. Pr.” de la tabla 2 figura la letra A, señalando que la fotometría de la primaria se ha obtenido con el procedimiento explicado en el párrafo anterior. A veces, se le añade un número que indica el número de imágenes consideradas, si difiere del que se indica en la columna “N° img.” de la tabla 1. Del mismo modo, en la columna “Fot. Sc.” de la tabla 2 aparece la letra A si en la fotometría de la componente secundaria se ha estimado mediante el proceso anterior. Sin embargo, en algunos casos se ha recurrido al software *Reduc*, *QuadPx* y *Surface* para obtener una estimación de la diferencia en magnitudes (dM) de la secundaria relativa a la primaria. En tales casos, la columna “Fot. Sc.” contiene las siglas RQS, como recordatorio, además del valor dM conseguido junto con la respectiva desviación estándar. Tales valores se han sumado a los de la columna “Fot. Pr.” para conseguir la estimación de la magnitud V de la componente secundaria que figura en la columna “mgSc”. La columna “F” de la tabla 2 contiene el valor 1 si se aplicó una toma plana normalizada a las imágenes, y 0 en otro caso.

Dobles no localizadas

Algunas dobles o componentes del catálogo WDS no pudieron localizarse. Además de las capturas realizadas, también se exploraron los alrededores de las coordenadas de referencia (en un radio de unos 30 minutos de arco) utilizando las imágenes DSS2 accedidas con el software *Aladin Sky Atlas* (Bonnarel *et al.*, 2000). Los detalles figuran en la columna “Comentarios” de la tabla 2. Nótese que para la doble #3 se proponen otras coordenadas.

Pares no catalogados en el WDS

Algunos pares cercanos llamativos que surgieron en las imágenes tomadas también fueron medidos. Se recurre a la notación JMLCn para indicarlos en el presente trabajo. En la columna “Comentarios” de la tabla 2 se indican los identificadores que se encontraron utilizando la aplicación Java *Aladin Sky Atlas* (Bonnarel *et al.*, 2000) que, entre muchas utilidades, permite el acceso a las bases de datos *VizieR* (Ochsenbein *et al.*, 2000) y *Simbad* (Wenger *et al.*, 2000). Todas estas fantásticas herramientas están disponibles en el sitio web del *Centre de Données astronomiques de Strasbourg* (<http://cds.u-strasbg.fr/>). ©

Referencias

- 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*, 2000, 143, 33-40, doi: 10.1051/aas:2000331, <http://aladin.u-strasbg.fr/>
- Chevalley, P., 2014, *SkyChart (Cartes du Ciel) Software*, Versión 3.10, <http://www.ap-i.net/skychart/en/start>
- Losse, F., 2008, *Reduc Software*, Versión 3.85, <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>
- Masa, E. R., 2010, *Consideraciones sobre el uso de las cámaras CCD Meade DSI Pro para la medición de estrellas dobles visuales*, *El Observador de Estrellas Dobles*, 4, 36-57
- Mason, B. D.; Wycoff, G. L.; Hartkopf, W. I.; Douglass, G. G. & Worley, C. E., 2001, The 2001 US Naval Observatory Double Star CD-ROM. I. *The Washington Double Star Catalog*, *The Astronomical Journal*, 122, 3466-3471, doi: 10.1086/323920
- Mighell, K. J.; Rich, R. M., 1995, *Hubble Space Telescope Planetary Camera Observations of the Stellar Populations Near the Nucleus of M33*, *Astronomical Journal*, 110, 1649-1663, doi:10.1086/117638
- Morlet, G.; Salaman, M., 2005, *Computer program for CCD measurements of visual double stars based on the adjustment of a light surface (in c language)*, *Observations et Travaux*, 61, 34-48
- Morlet, G.; Salaman, M., 2006, *Computer program for CCD measurements of visual double stars based on the adjustment of a light surface (in c language): part 2*, *Observations et Travaux*, 62, 34-48
- Muiños, J.; Evans, D. W., 2014, *The CMC15, the last issue of the series “Carlsberg Meridian Catalogue, La Palma”*, *Astronomische Nachrichten*, *WILEY-VCH Verlag*, 335 (4), 367-370, doi:10.1002/asna.201312045
- Ochsenbein, F.; Bauer, P.; Marcout, J., 2000, *The VizieR database of astronomical catalogues*, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 143, 23-32, doi:10.1051/aas:2000169
- Raab, H., 2013, *Astrometrica Software*, Versión

4.8.2.405, <http://www.astrometrica.at>

Rasband, W., 1997-2014, *ImageJ* Software, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>

Wenger, M.; Ochsenein, F.; Egret, D.; Dubois, P.; Bonnarel, F.; Borde, S.; Genova, F.; Jasniewicz, G.; Laloë, S.; Lesteven, S. & Monier, R., 2000, *The SIMBAD astronomical database. The CDS reference data-*

base for astronomical objects, Astronomy and Astrophysics Supplement, 143, 9-22, doi: 10.1051/aas:2000332, <http://simbad.u-strasbg.fr/Simbad>

Zacharias, N.; Finch, C. T.; Girard, T. M.; Henden, A.; Bartlett, J. L.; Monet, D. G. & Zacharias, M. I., 2013, *The Fourth US Naval Observatory CCD Astromograph Catalog (UCAC4)*, *The Astronomical Journal*, 145, 44, doi:10.1088/0004-6256/145/2/44

TABLA 1. MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS.

WDS ID.	DESC.	WDS MAGS.		ÉPOCA BESSEL.	THETA (°)	RHO (")	NºIMG.	NOCHES	NOTAS
19169+4711	ES 128	8,38	11,98	2014,5681	283,14	4,633	6	1	1
-	JMLC4	-	-	2014,5681	340,19	3,940	6	1	2
19323+3919	SEI 623 (?)	8,62	11,94	2014,5681	127,65	24,950	5	1	3
19378+4031	ES 1667 AB	8,53	12	2014,5681	98,91	3,870	5	1	4
19530+3936	MLB 944	11,04	12,5	2014,5683	152,76	7,183	5	1	5
19534+3934	MLB 946	10,5	10,5	2014,5683	219,45	5,581	5	1	6
19535+3933	MLB 947	10	12	2014,5683	255,04	6,701	5	1	7
19535+4939	ARG 87	10,57	10,6	2014,5845	271,16	14,660	5	1	8
19537+4936	ES 2685	8,54	11,8	2014,5845	-	-	5	1	9
19554+4049	MLB1012	12,9	13,2	2014,5846	179,89	5,394	5	1	10
19555+4049	ES 1673	9	12,1	2014,5846	201,45	5,053	5	1	11
19559+4912	HU 688	8,07	11,77	2014,5846	289,84	3,381	3	1	12
20085+4622	A 721	8,42	11,52	2014,5108	42,72	4,176	6	1	13
20137+4323	BU 660 AB	6,29	12,7	2014,6365	318,39	8,416	5	1	14
20137+4323	BU 660 AC	6,29	12,92	2014,6365	189,58	58,184	5	1	15
20137+4323	FOX 250 AD	6,29	14,7	2014,6365	279,07	31,545	5	1	16
20158+3937	ES 1974	10,83	13,5	2014,6366	159,80	3,070	5	1	17
-	JMLC5	-	-	2014,6366	331,03	5,890	5	1	18
20169+4022	BU 661 AB	5,24	11,5	2014,6366	66,71	12,331	5	1	19
20169+4022	BU 661 AC	5,44	13,68	2014,6366	217,26	111,742	5	1	20
20324+4118	MZA 25 AC	9,4	15,4	2014,6501	323,26	20,574	5	1	21
-	JMLC8	-	-	2014,6501	354,27	4,701	5	1	22
20327+3916	SEI1160 AB	8,2	10,38	2014,6367	49,05	14,370	5	1	23
20327+3916	SEI1159 AC	8,2	10,2	2014,6367	-	-	5	1	24
-	JMLC6	-	-	2014,6367	205,10	6,518	5	1	25
20332+3910	SEI1165	11,03	12,9	2014,6367	4,12	10,716	5	1	26
20332+4120	MZA 28 AB	10,5	12,6	2014,6501	104,73	18,597	5	1	27
20333+4119	HER 4 Aa,Ac	8,98	14	2014,6501	-	-	5	1	28
20333+4119	HJ 1539 AB	9,23	10,8	2014,6501	202,47	9,426	5	1	29
20333+4119	HJ 1539 AD	9,23	11,8	2014,6501	51,21	18,215	5	1	30
20333+4119	ARN 77 AC	9,23	10,14	2014,6501	120,52	37,976	5	1	31
20333+4119	ARN 77 BC	10,8	10,14	2014,6501	106,24	37,829	5	1	32
-	JMLC7	-	-	2014,6501	83,06	3,857	5	1	33
20397+4806	ES 806 AB	8,94	14,3	2014,6501	-	-	5	1	34
20397+4806	ES 806 AC	8,94	13,6	2014,6501	-	-	5	1	34
-	JMLC9	-	-	2014,6502	293,93	8,952	5	1	35
20485+4041	ES 1682	11,57	11,5	2014,6502	151,83	3,061	5	1	36
20549+3913	MLB 781	10,6	10,6	2014,6502	295,23	8,526	5	1	37
20554+3910	ES 1984	11,9	12,4	2014,6502	114,14	3,462	5	1	38
20555+3909	MLB 887	11,6	14,4	2014,6502	246,47	10,310	5	1	39
20556+3911	MLB 784	12,3	12,4	2014,6502	25,41	4,679	5	1	40
20556+3912	SEI1319	10,7	10,8	2014,6502	-	-	5	1	41
20558+3905	MLB 956	10,2	11,2	2014,6502	116,09	4,994	5	1	42

TABLA 2. NOTAS.

N.º	COORD.	STHETA	SRHO	MGPR	MGSC	ASTR.	FOT. PR.	FOT. SC.	F	I.COMP.	L	COMENTARIOS
1	19:16:52.321 ± 00,004 +47:10:56.12 ± 00,02	0,56	0,084	8,24 ± 0,01	11,48 ± 0,05	A	A	A	1	29-39	S	
2	19:17:17,863 ± 00,003 +47:10:24,36 ± 00,01	1,88	0,142	10,49 ± 0,01	14,68 ± 0,12	ARQS	A	RQS; dM=4,19 ± 0,11	1	29-38	S	Identificadores: UCAC4 686-067624; PPMX 191717,8+471024; CMC15 191717,8+471024; Tycho-2 3546-00785-1
3	19:32:23,012 ± 00,002 +39:19:53,20 ± 00,02	0,01	0,019	10,55 ± 0,01	12,12 ± 0,03	A	A	A	1	31-42	S	Las medidas astrométricas obtenidas entre las 3 estrellas más cercanas a las coordenadas WDS no encajan con los datos. Se propone el par medido.
4	19:37:46,395 ± 0,001 +40:30:49,84 ± 0,02	0,48	0,028	8,45 ± 0,01	11,97 ± 0,04	ARQS	A	RQS; dM=3,51 ± 0,03	1	31-45	S	
5	19:52:56,227 ± 00,006 +39:35:02,57 ± 00,05	0,67	0,055	11,21 ± 0,04	14,10 ± 0,07	A	A	A	1	32-52	S	
6	19:53:22,494 ± 00,004 +39:33:17,84 ± 00,07	0,55	0,098	13,55 ± 0,07	13,56 ± 0,07	A	A	A	1	32-52	S	
7	19:53:28,395 ± 00,002 +39:31:54,20 ± 00,03	0,56	0,045	11,73 ± 0,04	14,17 ± 0,09	A	A	A	1	32-52	S	
8	19:53:30,895 ± 00,009 +49:38:46,03 ± 00,09	0,53	0,138	10,51 ± 0,02	10,93 ± 0,02	A	A	A	0	31-46	A	
9	19:53:43,754 ± 00,004 +49:35:43,53 ± 00,09			8,41 ± 0,03		A	A		1	31-46		B no aparece, aunque se llega a la magnitud 15V en las tomas.
10	19:55:25,041 ± 00,006 +40:48:33,55 ± 00,11	0,79	0,139	13,28 ± 0,08	13,55 ± 0,07	A	A	A	1	28-46	A	
11	19:55:33,602 ± 00,009 +40:49:12,95 ± 00,05	1,26	0,023	8,80 ± 0,02	12,25 ± 0,05	A	A	A	0	28-46	A	
12	19:55:54,435 ± 00,021 +49:11:43,46 ± 00,03	0,20	0,142	8,04 ± 0,03	11,16 ± 0,21	ARQS	A5	RQS; dM=3,12 ± 0,18	0	33-43	A	Las coordenadas de la primaria se estimaron con 5 imágenes.
13	20:08:27,158 ± 0,008 +46:22:29,69 ± 0,08	0,69	0,021	8,29 ± 0,02	2,85 ± 0,05	ARQS	A7	A7	1	23-37	S	
14	20:13:42,806 ± 00,004 +43:22:44,42 ± 00,09	0,57	0,096	6,15 ± 0,02	12,88 ± 0,14	A	A	A	1	28-30	M	
15	20:13:42,806 ± 00,004 +43:22:44,42 ± 00,09	0,05	0,052	6,15 ± 0,02	12,73 ± 0,04	A	A	A	1	28-30	M	
16	20:13:42,806 ± 00,004 +43:22:44,42 ± 00,09	0,25	0,189	6,15 ± 0,02	14,71 ± 0,25	A	A	A	1	28-30	M	

TABLA 2. NOTAS (CONT.).

N.º	COORD.	STHETA	SRHO	MGPR	MGSC	ASTR.	FOT. PR.	FOT. SC.	F	I.COMP.	L	COMENTARIOS
17	20:15:47,573 ± 00,005 +39:38:22,42 ± 00,02	0,81	0,025	10,77 ± 0,03	12,69 ± 0,06	ARQS	A	RQS; dM=1,92 ± 0,03	1	33-53	M	
18	20:16:58,280 ± 00,007 +40:17:17,95 ± 00,02	0,54	0,113	10,94 ± 0,01	12,96 ± 0,04	A	A	A	1	31-42	M	Identificadores: PPMX 201658,2+401718, UCAC4 652-089578/652-089577
19	20:16:55,288 ± 00,017 +40:21:54,15 ± 00,25	0,98	0,249	5,53 ± 0,05	11,95 ± 0,03	A	A	A	1	31-42	M	
20	20:16:55,288 ± 00,017 +40:21:54,15 ± 00,25	0,12	0,271	5,53 ± 0,05	13,82 ± 0,06	A	A	A	1	31-42	M	
21	20:32:22,431 ± 00,009 +41:18:18,93 ± 00,06	0,91	0,237	9,30 ± 0,03	14,80 ± 0,20	A	A	A	1	30-45	M	
22	20:32:50,324 ± 00,003 +41:14:43,64 ± 00,03	0,21	0,063	12,10 ± 0,03	13,59 ± 0,07	A	A	A	1	30-45	M	Identificadores: PPMX 203250,2+411443; UCAC4 657-087900 657-087899; CMC15 203250,2+411443 203250,2+411448; SDSS9 J203250,30+411443,6 J203250,25+411448,4; 2MASS 20325029+4114436 20325025+4114484
23	20:32:43,510 ± 00,003 +39:16:15,78 ± 00,02	0,03	0,008	8,17 ± 0,03	10,44 ± 0,03	A	A	A	1	30-34	M	
24	20:32:43,510 ± 00,003 +39:16:15,78 ± 00,02			8,17 ± 0,03			A			30-34	M	La componente C no fue localizada, aunque se llegó a la magnitud 15V en las tomas.
25	20:33:12,094 ± 00,002 +39:11:04,02 ± 00,04	0,15	0,017	9,25 ± 0,02	13,66 ± 0,07	A	A	A	1	30-34	M	Identificadores: PPMX 203312,0+391104; CMC15 203312,0+391104 203311,8+391058; SDSS9 J203312,08+391104,1 J203311,85+391058,0; UCAC4 646-091635
26	20:33:09,874 ± 00,001 +39:10:22,05 ± 00,05	0,11	0,020	10,92 ± 0,03	12,87 ± 0,07	A	A	A	1	30-34	M	
27	20:33:14,110 ± 00,002 +41:20:21,89 ± 00,02	0,06	0,029	10,28 ± 0,03	12,28 ± 0,02	A	A	A	1	30-45	M	
28	20:33:15,078 ± 00,003 +41:18:50,45 ± 00,03			8,81 ± 0,02			A		1	30-45	M	La componente AC no fue localizada, aunque en las tomas se llegó a la magnitud 15V
29	20:33:15,078 ± 00,003 +41:18:50,45 ± 00,03	0,15	0,059	8,81 ± 0,02	10,16 ± 0,02	A	A	A	1	30-45	M	
30	20:33:15,078 ± 00,003 +41:18:50,45 ± 00,03	0,02	0,033	8,81 ± 0,02	11,77 ± 0,02	A	A	A	1	30-45	M	
31	20:33:15,078 ± 00,003 +41:18:50,45 ± 00,03	0,05	0,027	8,81 ± 0,02	9,88 ± 0,02	A	A	A	1	30-45	M	

TABLA 2. NOTAS (CONT.).

N.º	COORD.	STHETA	SRHO	MGPR	MGSC	ASTR.	FOT. PR.	FOT. SC.	F	I.COMP.	L	COMENTARIOS
32	20:33:17,981 ± 00,002 +41:18:31,16 ± 00,02	0,06	0,013	10,16 ± 0,02	9,88 ± 0,02	A	A	A	1	30-45	M	Las coordenadas son las de la componente C, de menor magnitud estimada.
33	20:38:51,089 ± 00,013 +48:02:51,29 ± 00,07	1,00	0,071	10,93 ± 00,01	14,32 ± 0,05	A	A	RQS; dM=3,39 ± 0,04	1	32-44	M	Identificadores: PPMX 203851,0+480251; UCAC4 691-081187; CMC14 203851,0+480251; 2MASS 20385106+4802512 20385141+4802517; TYC 3578 2140 1
34	20:39:41,830 ± 00,002 +48:05:41,59 ± 00,05			8,71 ± 0,03			A		1	32-44	M	Las componentes B y C no fueron localizadas, aunque en las tomas se llega a la magnitud 15V.
35	20:47:37,743 ± 00,004 +40:37:54,54 ± 00,04	1,31	0,479	9,85 ± 0,05	15,57 ± 0,38	A	A	A	1	30-41	M	Identificadores: PPMX 204737,7+403754; UCAC4 654-092884 654-092878; CMC15 204737,7+403754
36	20:48:27,287 ± 00,009 +40:41:00,71 ± 00,05	0,26	0,010	11,17 ± 0,05	11,18 ± 0,05	ARQS	A	A	1	30-41	M	
37	20:54:52,959 ± 00,012 +39:13:15,49 ± 00,14	0,78	0,102	13,43 ± 0,02	13,42 ± 0,02	ARS	A	A	1	26-41	M	
38	20:55:26,433 ± 00,010 +39:10:49,27 ± 00,03	0,94	0,058	12,36 ± 0,02	13,10 ± 0,13	ARQS	A	A	1	26-41	M	
39	20:55:30,266 ± 00,006 +39:09:34,55 ± 00,04	0,83	0,250	11,57 ± 0,02	14,46 ± 0,15	A	A	A	1	26-41	M	
40	20:55:37,070 ± 00,005 +39:11:44,11 ± 00,06	0,93	0,080	13,89 ± 0,12	14,27 ± 0,15	ARS	A	A	1	26-41	M	
41	-	-	-	-	-	-	-	-	1	26-41	M	No localizada.
42	20:55:50,463 ± 00,004 +39:05:11,28 ± 00,11	0,69	0,289	13,13 ± 0,03	13,94 ± 0,06	A	A	A	1	26-41	M	

TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES.

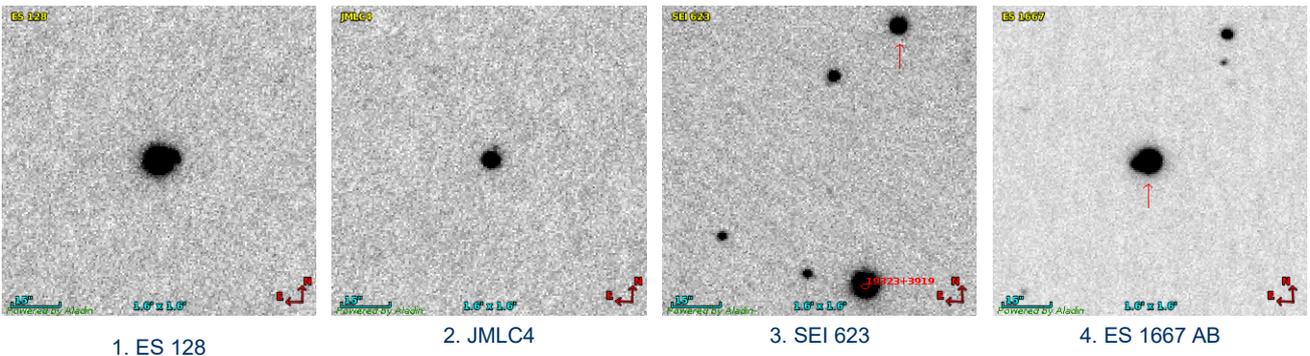
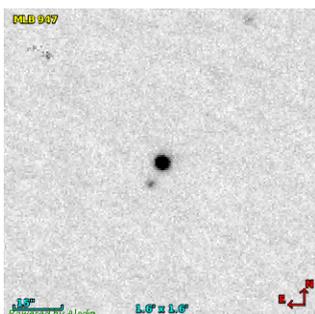
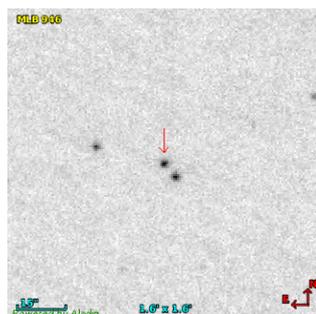


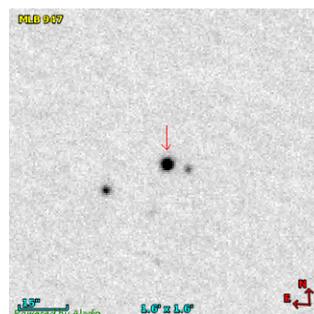
TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES.



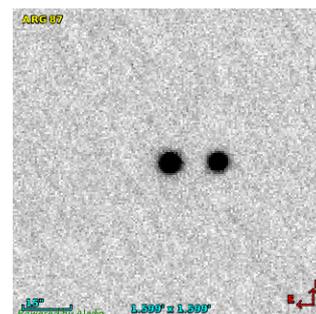
5. MLB 947



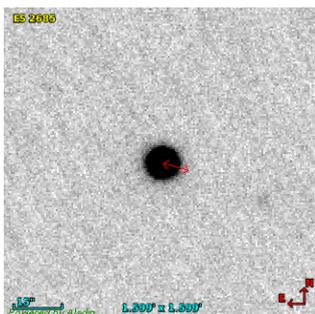
6. MLB 946



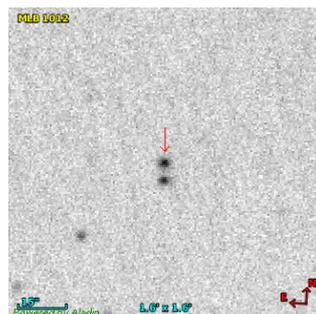
7. MLB 947



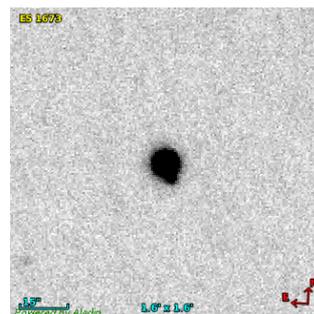
8. ARG 87



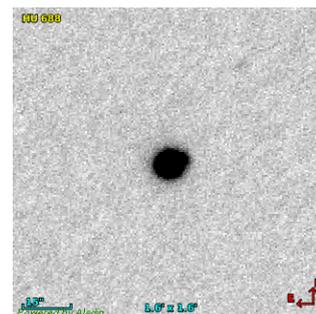
9. ES 2685



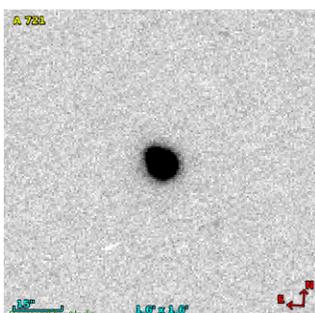
10. MLB 1012



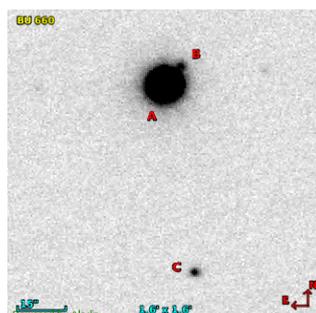
11. ES 1673



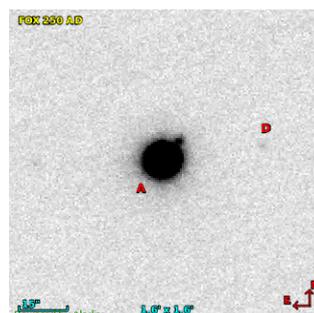
12. HU 688



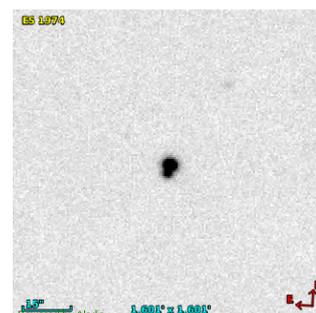
13. A 721



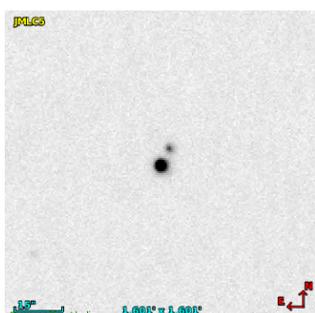
14-15. BU 660



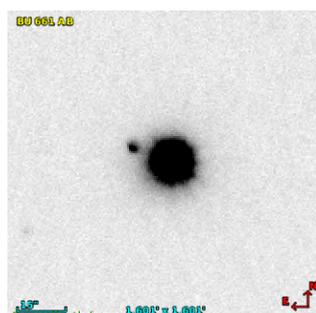
16. FOX 250 AD



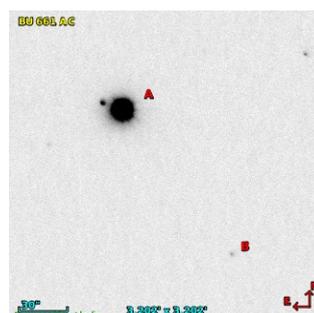
17. ES 1974



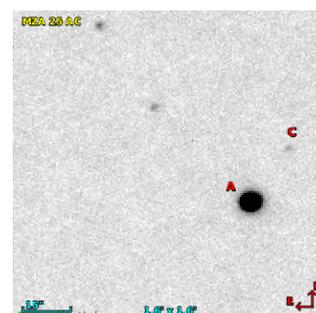
18. JMLC5



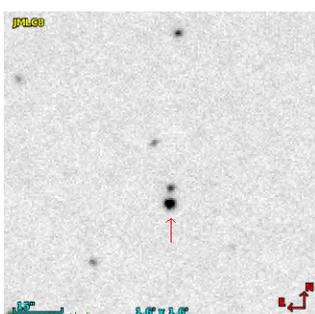
19. BU 661 AB



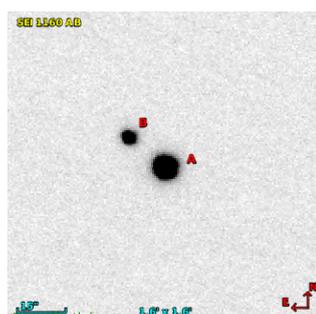
20. BU 661 AC



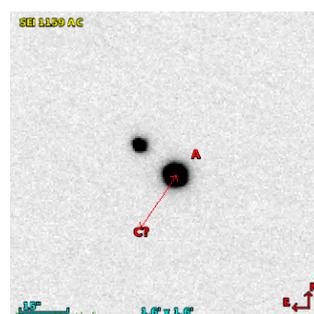
21. MZA 25 AC



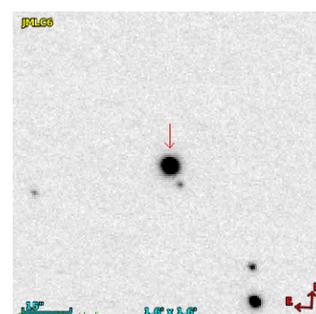
22. JMLC8



23. SEI 1160 AB



24. SEI 1159 AC

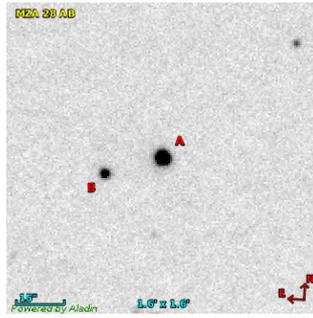


25. JMLC6

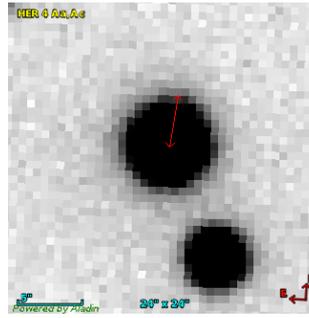
TABLA 3. ÁLBUM DE IMÁGENES.



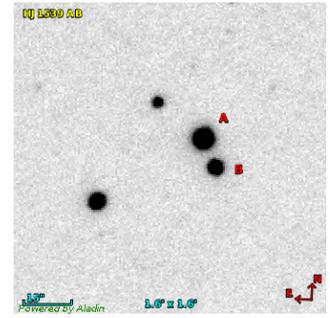
26. SEI 1165



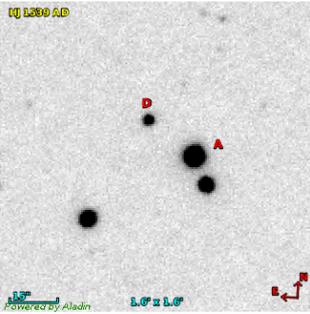
27. MZA 28 AB



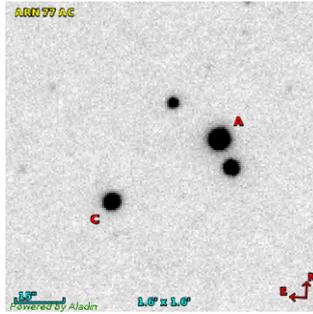
28. HER 4 Aa,Ac



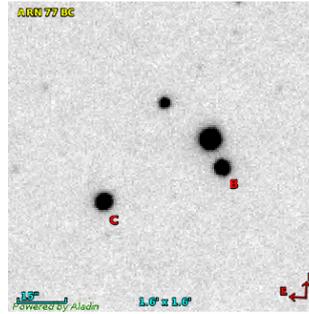
29. HJ 1539 AB



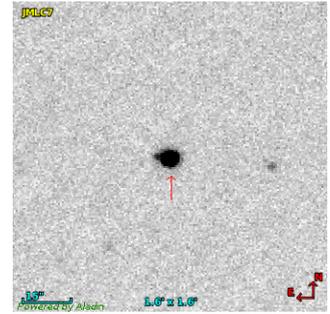
30. HJ 1539 AD



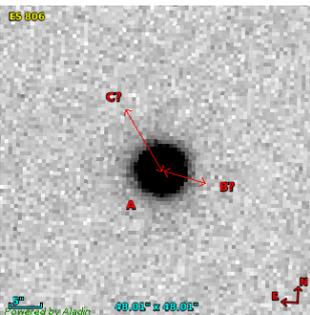
31. ARN 77 AC



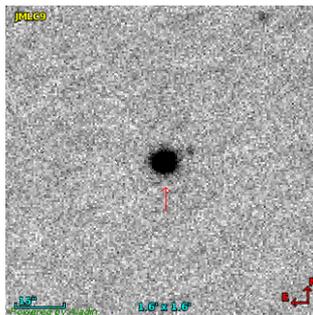
32. ARN 77 BC



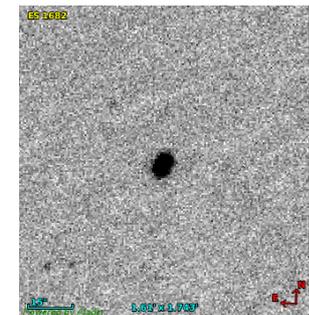
33. JMLC7



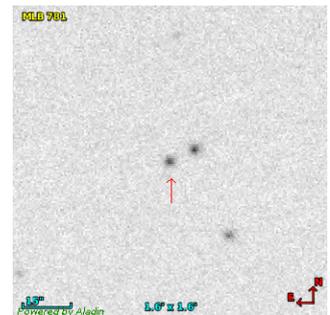
34. ES 806



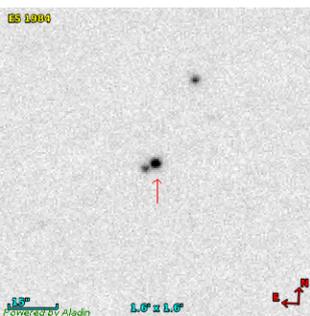
35. JMLC9



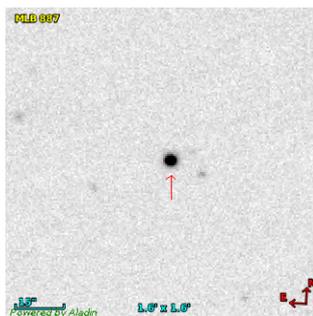
36. ES 1682



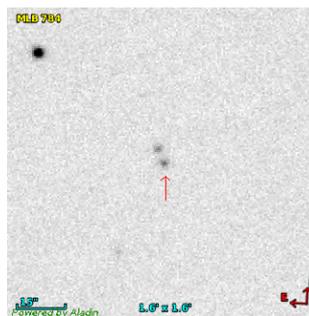
37. MLB 781



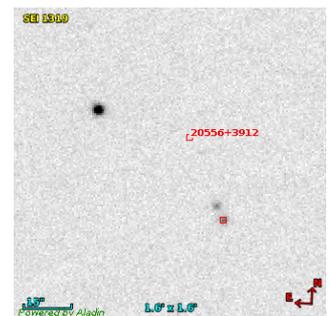
38. ES 1984



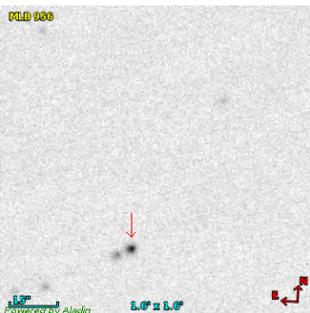
39. MLB 887



40. MLB 784



41. SEI 1319



42. MLB 956

Mediciones de 325 estrellas dobles visuales desde el Observatorio Astronómico de Benesse Maremne (Campaña de observación de 2015, 2ª parte)

Measurements of 325 Visual Double Stars (Campaign 2015-2nd Part)

Marcel Fay

■ 731 A, route de Dax—F-40230 Benesse Maremne
 ■ Correo-e: fay_marcel@yahoo.es | Web: http://www.astrosurf.com/doubles_fym/fym

Este artículo presenta los resultados de las mediciones de 325 estrellas dobles visuales realizadas en la campaña de 2015 (segunda parte). Se utilizó un telescopio reflector de 283 mm de apertura y una cámara con sensor CCD. Las medidas se realizaron con el método astrométrico.

This paper presents the results of the measurements for 325 visual double stars carried out in 2015 (second part). An 11 inch Schmidt-Cassegrain telescope and a CCD camera were used. The measures were realized by the astrometric method.

Introducción

ESTE DOCUMENTO PRESENTA las medidas de 325 estrellas dobles visuales realizadas durante el año 2015 (segunda parte; duración de esta campaña: 50 noches desde el 21 de mayo hasta el 31 de octubre). Las medidas fueron efectuadas en el Observatorio Benesse Maremne mediante un telescopio dotado de apuntado automático (GoTo) y una cámara CCD a foco primario (figura 1, página siguiente).

Las tablas 1, 2 y 3 muestran algunas estadísticas interesantes (página siguiente).

Medidas

La tabla de medidas (tabla 4) está ordenada por orden creciente de Ascensiones Rectas.

Los campos de datos de izquierda a derecha son:

NÚMERO**	VALOR EN %	RHO MÍNIMO/MÁXIMO (")
96	29,5	0 < Rho <= 5
102	31,4	5 > Rho <=10
93	28,6	10 > Rho <= 20
34	10,5	Rho > 20

Tabla 1. Número de dobles observadas en función de Rho.

NÚMERO**	VALOR EN %	DELTAM	COMENTARIOS
5	1,6	<= 0	Delta-M negativo cuando mB > mA
127	39	0 > Delta-M <= 1	
54	16,6	1 >= Delta-M < 2	
98	30,1	2 >= Delta-M < 5	
34	10,6	5 >= Delta-M < 8	
6	1,8	8 >= Delta-M < 10	
1	0,3	10 >=Delta-M < 13	

Tabla 2. Número de dobles observadas en función de la diferencia de magnitud (Delta-M).

NÚMERO**	VALOR EN %	NÚMERO DE OBSERVACIONES EN WDS	COMENTARIOS
67	20,6	0	Todas las nuevas dobles o triples FYM*
75	23,1	1 + 2	Segunda observación desde el descubrimiento
150	46,2	3 + 10	
27	8,3	11 + 50	
6	1,8	51 + 200	
0		>200	

Tabla 3. Número de veces que cada doble se ha observado. Nota:* Provisionalmente han sido nombradas con mi código de observador (FYM).

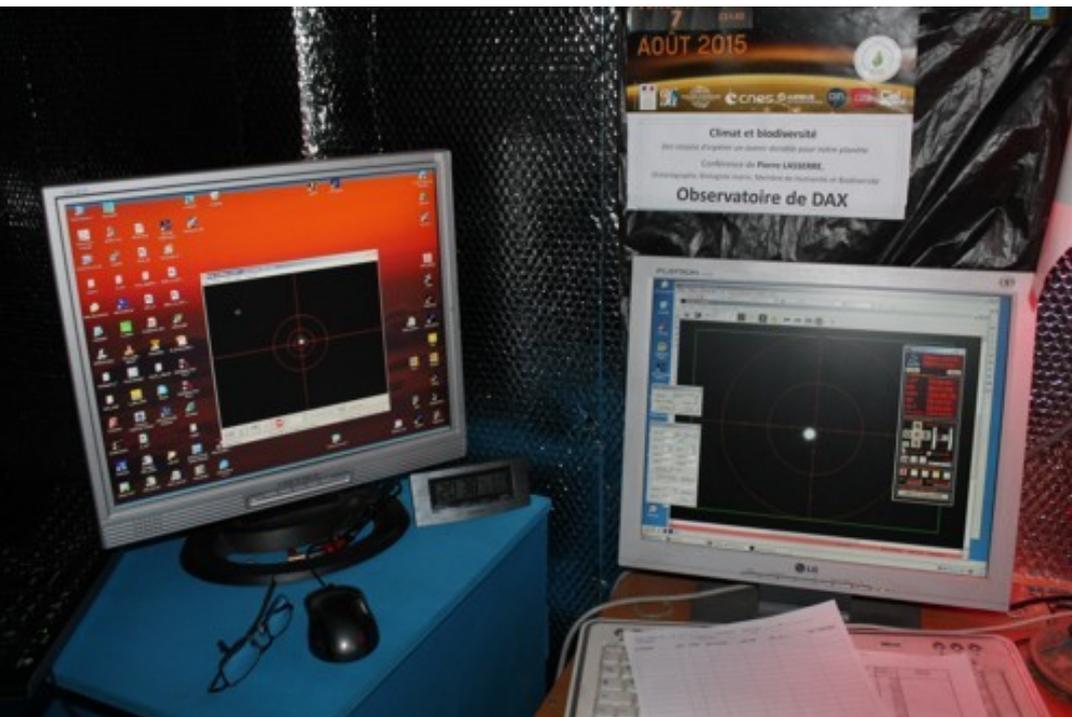


Figura 1. Izquierda: Pantalla del ordenador dedicado al buscador electrónico. Derecha: ordenador principal con el que se realizan las tomas con ARTEMIS Capture y que está conectado al PC de mi casa a través de un enlace proporcionado por TimeViewer (a distancia).

- Identificador WDS.
- Identificador de la doble con sus componentes.
- Mag. A: Magnitud visual de la componente A.
- Mag. B: Magnitud visual de la componente B.
- La diferencia de magnitud (Delta-M) en la banda verde (visual), extraída del WDS.
- La separación en segundos de arco (Rho). En la tabla Notas añadí el valor de Rho expresado en *ua*, para dar una idea somera de la distancia que separa a las componentes. En efecto, sin la distancia del par, la separación rho, por sí sola, no es más que una parte de la medida, práctica por cierto, pero nada más.
- El ángulo de posición en grados (Theta).
- La fecha/época de observación en año decimal beseliano.

Notas

El listado de *Notas* (tabla 5), toma los dos primeros campos de la lista de medidas. En las notas, agrego el valor de Rho en unidades astronómicas (*ua*) en la medida en que la distancia de la componente A se conoce. Hay que aclarar que este campo se incluye solamente a título informativo. Para esta cuarta campaña de medición se identificó cada componente principal mediante el identificador y la posición indicados en el catálogo UCAC4, si no estaba en Tycho2, en Hipparcos o no se encontraba en la base de datos Simbad. Para realizar este trabajo, he descargado el catálogo UCAC4 desde el sitio del USNO y se implementó en el software SkyChart.

Referencias y bibliografía

Fay, M., 2013, *Una premier: medidas CCD de 210 estrellas dobles visuales en remoto con un telescopio GoTo*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 10, 38-50

Fay, M., 2013, *Misure di 830 stelle doppie eseguite con un telescopio Go-To in "controllo remoto"*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 5, 47-73.

Fay, M., 2013, *Misure di 110 stelle doppie eseguite con un telescopio Go-To in controllo remoto - Campagna osservativa 2012, 2° parte*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 6, 35-39.

Fay, M., 2013, *Scoperte e risultati delle misurazioni di 224 stelle doppie utilizzando un telescopio Go-To in controllo remoto - Campagna osservativa 2011-2012*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 6, 40-49.

Fay, M., 2014, *Misure di 311 stelle doppie visuali eseguite con un telescopio Go-To in controllo remoto. Prima parte: campagna 2013*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 9, 35-43.

Fay, M., 2014, *Mediciones de 289 Estrellas Dobles Visuales con un Telescopio GoTo Controlado a Distancia - Campaña de observación de 2013 - Segunda Serie*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 13, 19-36.

Fay, M., 2015, *Medidas Astrométricas de 140 Estrellas Dobles Visuales*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 14, 48-56.

Fay, M., 2015, *Mediciones de 236 estrellas dobles visuales desde el Observatorio Astronómico de Benesse Maremne*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 15, 48-61.

D'étoile en étoile - Manuel d'observation en astronomie, Franck Marron-Eyraud, Ellipses, 2014, ISBN: 9782729885366

Estrellas dobles visuales: Calculador de elementos lineales, Francisco M. Rica Romero, versión 5.11, Aplicación en formato Excel (distribución gratuita bajo demanda).

En esta campaña de 2015 también se utilizó el programa *WDS.jar* para verificar la existencia de nuevos pares como complemento al sitio oficial del WDS. Las bases de datos que maneja están actualizadas permanentemente. Esta aplicación ha sido escrita por Alicia Mireya Daza Castillo, Jorge González López, Rosa Rodríguez Navarro y Rafael Caballero Roldán. ©

Traducido del francés por Edgardo Rubén Masa Martín

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
00175+0019	STF 23 AB	7,88	10,28	2,40	10,34	217,30	2015,833
00324+5820	BU 1227 AB	7,21	10,64	3,43	27,60	193,00	2015,827
00324+5820	FYM 346 AF	7,21	15,00	7,79	13,10	42,40	2015,827
00332+5822	STI 1375	12,60	12,60	0,00	11,50	160,60	2015,827
00332+5822	FYM 345 BC	12,60	15,74	3,14	4,80	261,20	2015,827
00339+5824	STI 1378	12,42	12,80	0,38	5,00	22,20	2015,827
00339+5816	ES 1770 AC	11,08	13,50	2,42	12,60	125,40	2015,827
00391+5843	MLB 109	11,04	11,15	0,11	1,40	75,30	2015,827
00469+5735	TDS 1610	12,32	12,54	0,22	5,70	108,00	2015,827
00472+5716	TDS 29	11,53	12,59	1,06	2,57	245,00	2015,827
00473+5651	STI 1427	8,96	11,60	2,64	15,60	252,80	2015,827
01302+1203	BRT 1168	10,86	10,87	0,01	4,30	37,00	2015,827
01320+1150	OCC 391	9,20	11,20	2,00	8,00	122,50	2015,827
01321+1218	AG 20 AB	9,71	9,99	0,28	2,50	247,00	2015,827
01536+3623	ALI 29	12,27	12,40	0,13	13,20	110,60	2015,83
04197+3643	ES 168	9,07	12,10	3,03	8,00	284,40	2015,764
05248+4723	ES 577	10,79	12,60	1,81	3,67	143,90	2015,74
05307+5012	COU 2584	10,58	11,80	1,22	2,10	168,30	2015,789
05356+3651	BKO 352 BC	11,80	13,50	1,70	2,70	13,80	2015,789
05356+3651	BKO 352 BD	11,80	14,00	2,20	9,80	254,00	2015,789
05356+3651	SEI 345 AB	10,93	11,80	0,87	28,10	348,70	2015,789
05553+0729	DOO 93	11,00	11,80	0,80	18,00	134,80	2015,789
19425+0809	OSO 111 AC	8,98	16,00	7,02	20,50	98,00	2015,573
19425+0809	OSO 111 AB	9,08	14,31	5,23	16,00	164,70	2015,573
08547+1637	AG 338 AB	9,01	9,22	0,21	1,70	168,50	2015,83
09182+1700	TDS 525	11,58	11,70	0,12	1,50	141,30	2015,83
09196-1550	A 3077	5,80	10,80	5,00	6,27	208,30	2015,268
10028-1426	J 2072	11,20	11,20	0,00	3,70	184,50	2015,83
19523+1021	GMC 1 AE	6,50	13,50	9,21	15,10	343,40	2015,696
12152+0151	BAL 1884	11,50	11,70	0,20	4,40	323,30	2015,249
13451+1822	FYM 240 BD	10,06	14,80	4,74	18,10	277,60	2015,422
13519+3359	ES 2415	10,95	13,00	2,05	5,50	64,10	2015,419
14009+0912	HEI 777	10,70	11,00	0,30	1,70	216,00	2015,419
14374-0645	WRH 7	10,60	11,10	0,50	3,30	30,30	2015,422
No cat	FYM 236 AB	11,42	12,96	1,54	17,60	123,30	2015,408
No cat	FYM 236 BC	12,96	15,17	2,21	30,47	17,90	2015,408
14597+0442	BRT 2159	10,10	11,30	1,20	5,30	73,00	2015,422
14597+0442	FYM 243 AC	10,10	14,54	4,44	16,90	180,00	2015,422
15031+0421	BAL 2866	11,85	12,10	0,25	10,50	126,00	2015,422
15031+0421	FYM 242 AC	11,85	13,66	1,81	20,40	100,30	2015,422
15076+0313	BAL 2404	10,97	11,60	0,63	7,00	211,00	2015,422
15131+0303	BAL 2405	11,40	11,40	0,00	16,90	84,00	2015,422
15517+4614	BEM 9006	11,10	11,30	0,20	5,12	256,30	2015,406
16143-1025	STF 2019 AB,C	7,38	9,84	2,46	22,40	152,90	2015,403
16284+3112	BRT 255	11,40	11,50	0,10	4,90	217,00	2015,406
16292+3114	BRT 3313	10,20	11,40	1,20	5,00	46,90	2015,468
16316+0526	STF 2056	7,76	9,22	1,46	6,74	312,60	2015,403
16349+0540	BRT 2165	11,75	12,20	0,45	6,30	65,40	2015,468
16375-0530	HLD 26	11,30	11,50	0,20	6,70	11,50	2015,408
17183+1912	SLE 13	10,14	11,70	1,56	11,30	310,00	2015,403
17214-1817	ARA 441	10,90	11,30	0,40	6,48	234,66	2015,403
17304+0533	WOR 25	9,30	14,90	5,60	19,80	323,70	2015,466
17305+2447	POU 3295	11,70	12,40	0,70	4,45	13,60	2015,466
17322+2446	POU 3297	10,93	12,90	1,97	6,50	131,60	2015,466

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
17378+2257	AG 210	10,07	10,33	0,26	4,25	188,65	2015,466
17378+2257	FYM 246 AC	10,07	14,12	4,05	11,90	337,40	2015,466
17384+2916	HJ 1301	11,99	12,20	0,21	10,00	102,00	2015,466
17395+0324	BU 961 AB	6,81	11,40	4,59	7,63	138,00	2015,512
17395+0324	BU 961 AC	6,81	13,70	6,89	25,80	149,00	2015,512
17395+2429	DOO 68 AB	11,50	12,40	0,90	8,80	178,40	2015,408
17395+2429	FYM 239 AC	11,50	14,83	3,33	19,10	349,50	2015,408
17396+2433	POU 3305	12,10	12,10	0,00	13,90	212,00	2015,408
17398+2444	POU 3306	12,00	12,70	0,70	4,65	103,00	2015,408
17401+2914	STF 2192	7,82	10,49	2,67	15,90	31,90	2015,466
17401+2914	FYM 245 AC	7,82	13,22	5,40	34,88	156,00	2015,466
17404+2144	BRT 2436	10,91	10,90	-0,01	5,60	187,00	2015,471
17405+2450	HJ 1302	11,00	11,00	0,00	6,20	147,10	2015,408
17413+2425	POU 3309	11,95	12,10	0,15	3,00	344,00	2015,408
17480+0249	BAL 1943	10,30	12,80	2,50	10,20	252,00	2015,408
17480+0249	FYM 238 AC	10,30	12,85	2,55	38,00	154,60	2015,408
17521+4657	ES 1259	9,23	10,00	0,77	6,60	219,30	2015,466
17555+4108	ES 1557 AC	9,08	11,40	2,32	27,00	215,50	2015,466
17555+4108	ES 1557 AB	9,08	12,40	3,32	11,60	11,30	2015,408
17555+4108	ES 1557 AD	9,08	13,30	4,22	40,10	312,30	2015,408
17574+3540	WAL 86 CD	11,12	11,44	0,32	9,10	350,10	2015,408
17572+3541	STF 2256 AC	11,12	14,10	2,98	9,10	350,20	2015,408
17572+3541	HO 73 AB	11,12	11,14	0,02	1,90	214,50	2015,408
18003+4548	ES 1260	10,63	11,70	1,07	2,80	204,30	2015,466
17417+2831	ROE 119	11,50	11,70	0,20	4,31	324,50	2015,466
18052+0238	BAL 1950	10,00	11,20	1,20	7,40	335,00	2015,46
18055+0311	HEI 257	10,30	11,50	1,20	1,70	330,90	2015,436
18065+4022	STF 2282 AB	7,93	8,68	0,75	2,60	81,10	2015,466
18073+2334	POU 3349 AC	11,70	13,70	2,00	9,20	218,60	2015,532
18073+2334	WLY 8 AB	11,70	11,80	0,10	4,20	133,60	2015,532
18079+4002	ES 1649 AC	10,73	13,70	2,97	24,40	225,70	2015,466
18079+4002	ES 1649 AB	10,73	14,20	3,47	7,80	330,90	2015,466
18106-1645	S 700 AB	8,27	9,73	6,41	18,80	292,10	2015,532
18106-1645	S 700 AC	8,27	8,59	0,32	28,58	353,00	2015,532
18106-1645	S 700 AG	8,27	11,30	3,03	35,60	297,00	2015,532
18121+2448	POU 3358	11,62	12,00	0,38	3,70	115,00	2015,532
18121+2448	FYM 266 AC	11,62	15,29	3,67	15,30	244,40	2015,532
18127+2424	SLE 142	10,30	11,30	1,00	9,90	233,00	2015,493
18127+2424	FYM 267 AC	10,30	15,44	5,14	13,00	339,44	2015,532
18140+2456	POU 3364	12,60	12,90	0,30	7,70	263,40	2015,493
18207+3547	COU 1148	12,90	12,90	0,00	1,50	73,80	2015,532
18245+2028	BU 1325	9,79	13,36	3,57	5,60	352,50	2015,532
18258+1952	BRT 2446 AC	11,10	11,20	0,10	8,00	255,80	2015,532
18258+1952	BRT 2446 AB	11,10	11,20	0,10	3,40	322,60	2015,532
18270+2603	L 24	9,50	10,00	0,50	22,70	162,00	2015,493
18316-0353	A 87 AC	10,10	10,10	0,00	4,22	316,20	2015,559
No cat	FYM 261 AB	10,95	12,72	1,77	15,00	353,50	2015,512
No cat	FYM 261 AC	10,95	12,74	1,79	16,10	339,00	2015,512
No cat	FYM 261 BC	10,95	12,74	1,79	5,90	268,00	2015,512
No cat	FYM 261 BD	10,95	13,89	2,94	9,40	66,42	2015,512
18425-0807	BRT 483	11,00	11,20	0,20	3,60	44,00	2015,493
18425-0807	FYM 254 AC	11,00	13,98	2,98	7,70	105,00	2015,493
18435-0817	J 104 AB	4,90	14,60	9,70	13,00	101,00	2015,493
18435-0817	KUI 87 AD	4,90	14,70	9,80	11,30	303,40	2015,493

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
18435-0817	KUI 87 AD	4,90	14,70	9,80	11,30	303,40	2015,493
18510-1958	ARA 1162	11,99	12,20	0,21	10,30	291,00	2015,551
18510-1958	FYM 269 AC	11,99	14,27	2,28	7,00	178,50	2015,551
18510-1958	FYM 269 AD	11,99	14,69	2,70	16,70	342,00	2015,551
18568+2456	POU 3605	12,63	12,80	0,17	11,20	117,20	2015,51
18573+2502	POU 3612	13,70	14,50	0,80	8,00	174,00	2015,512
18573+2502	FYM 257 AC	13,70	15,56	1,86	23,13	222,30	2015,512
18573+2502	FYM 257 AD	13,70	15,08	1,38	26,30	321,00	2015,512
18585+2515	A 2990 AC	7,90	14,00	6,10	13,00	130,30	2015,512
19000+1253	STF 2426 AB	7,45	8,96	1,51	16,70	261,10	2015,597
19000+1253	STF 2426 BC	8,96	13,50	4,54	4,18	172,50	2015,597
19012+1253	J 1279	10,00	11,16	1,16	2,90	349,50	2015,597
19018+1232	STF 2432 AB	6,82	10,44	3,62	14,80	87,00	2015,597
19018+1232	STF 2432 AC	6,82	13,30	6,48	19,40	160,00	2015,597
No cat	FYM 370	11,48	14,58	3,10	14,45	303,80	2015,551
19198+0902	J 1334	11,64	14,10	2,46	3,10	178,40	2015,586
19248+0235	BAL 1984	12,37	12,40	0,03	15,90	117,50	2015,586
19248+0235	FYM 273 BC	12,40	15,10	2,70	18,80	200,00	2015,586
19248+0231	J 2965	12,83	12,83	0,00	3,50	339,80	2015,586
19318+0911	DAM 158 AB	11,30	15,00	3,70	7,00	174,00	2015,649
19318+0911	DAM 158 AC	11,30	13,60	2,30	10,80	38,50	2015,649
19331+0725	BUP 192 AB	9,43	12,80	3,37	15,75	355,00	2015,633
19346+0748	J 2179	11,50	11,80	0,30	4,00	265,00	2015,518
19352+0825	VYS 9 AB	10,65	11,70	1,05	5,60	15,10	2015,649
19352+0825	FYM 293 AD	10,65	14,99	4,34	13,60	192,60	2015,649
19371+0819	STF 2544 AC	8,62	9,87	1,25	13,80	237,50	2015,649
19371+0819	FYM 290 AE	8,62	1574,00	7,12	14,40	317,00	2015,649
19371+0819	FYM 290 CF	9,87	13,71	3,84	22,70	273,50	2015,649
19371+0819	FYM 290 AG	8,62	14,03	5,41	30,40	315,40	2015,649
19385+1715	BU 1471 AB	7,51	11,86	4,35	12,50	333,00	2015,518
19385+1715	WAL 116 AC	7,51	12,72	5,21	24,40	325,20	2015,518
19386+0909	J 2987	11,52	12,38	0,86	3,20	331,20	2015,674
No cat	FYM 300 AB	12,43	13,13	0,70	4,70	88,00	2015,674
19390+1528	J 774	9,50	10,00	0,50	3,68	220,40	2015,649
19391+0923	J 2988	12,80	12,80	0,00	2,70	286,60	2015,674
19427-0033	J 2555	11,00	13,00	2,00	3,00	56,00	2015,649
19427-0033	FYM 298 AC	11,00	15,77	4,77	14,15	313,00	2015,649
19432+1533	DAM 173 AC	11,51	14,30	2,79	14,00	341,00	2015,658
19435+1056	BRT 2183	11,40	11,70	0,30	2,65	200,00	2015,518
19448+1251	J 1862	9,60	10,00	0,40	9,36	221,50	2015,518
19464+3344	STF 2576	8,48	8,58	0,10	3,00	158,00	2015,605
19467+0510	A 374	8,77	13,80	5,03	4,30	79,00	2015,597
19469+0610	BU 828	8,50	10,40	1,90	4,00	7,85	2015,521
19469+0514	J 3004	9,40	11,60	2,20	5,80	328,00	2015,597
19469+0514	FYM 276 AC	9,40	13,99	4,59	19,20	132,50	2015,597

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
19469+0514	FYM 276 AD	9,40	15,94	6,54	18,50	43,30	2015,597
19475+0615	J 2186 AB	10,00	10,00	0,00	11,40	156,50	2015,521
19475+0615	J 2186 AC	10,00	10,00	0,00	7,00	154,40	2015,521
19481+0523	HJ 2897 AB	13,00	14,00	1,00	8,10	332,00	2015,597
19481+0523	DAM 180 AC	13,00	15,00	2,00	7,87	29,50	2015,597
19485+1843	J 3009	11,77	12,50	0,73	6,62	123,90	2015,521
19486+1844	J 3011	9,40	11,30	1,90	10,00	305,00	2015,521
19486+1844	FYM 277 AC	9,40	14,90	5,50	19,00	253,00	2015,597
19486+1844	FYM 277 AD	9,40	15,44	6,54	19,00	268,00	2015,597
19486+1844	FYM 277 BE	11,30	15,53	4,23	12,00	298,00	2015,597
19486+1844	FYM 277 CD	14,90	15,44	0,54	3,00	346,00	2015,597
19490+1956	J 2283	14,00	15,00	1,00	8,20	323,40	2015,521
19491+1956	J 2285	10,40	11,40	1,00	5,78	61,00	2015,521
19503+0453	BAL 2952	11,27	12,10	0,83	10,00	297,90	2015,597
19510+0854	J 3019	9,90	13,00	3,10	7,30	216,00	2015,586
19510+1025	J 124 AB	5,11	13,50	8,39	20,60	253,30	2015,696
19510+1025	J 124 AC	5,11	13,70	8,59	22,00	220,10	2015,696
19511+1340	J 3020	12,16	14,20	2,04	1,55	174,00	2015,696
19523+1021	STF 2590 CD	11,60	12,20	0,60	8,50	272,50	2015,696
19523+1021	STF 2590 AB	6,50	10,31	3,81	13,70	309,50	2015,696
19524+0853	BRT 2611	12,60	12,82	0,22	3,70	174,00	2015,586
19524+0853	FYM 274 AC	12,60	14,55	1,95	9,30	357,00	2015,586
19553+3011	J 781 AB	9,40	9,40	0,00	2,90	306,00	2015,696
19555+0841	J 1184	9,80	9,80	0,00	1,80	164,60	2015,696
19557+3020	BRT 271	13,20	13,20	0,00	4,30	32,30	2015,688
19558+0830	J 1869	14,10	14,70	0,60	9,70	11,30	2015,696
19558+0829	DAM 184	14,50	14,70	0,20	8,30	224,90	2015,696
19558+3019	BRT 272	12,49	13,03	0,54	3,20	83,60	2015,696
19558+3019	FYM 311 AC	12,49	14,57	2,08	17,40	186,60	2015,696
19561+0418	OSO 115 AB	9,44	16,20	6,76	4,00	183,00	2015,649
19591+1437	FYM 301 AC	10,00	15,36	5,36	8,90	30,53	2015,674
19585+1440	DAM 186	12,60	15,00	2,40	4,33	353,60	2015,674
19587-0548	RST 5147	10,20	11,20	1,00	5,50	318,60	2015,674
19595+3546	J 1159	11,57	12,10	0,53	2,90	288,00	2015,696
19596+3543	ES 2247	10,19	14,00	3,81	5,10	284,00	2015,696
20047+1751	SLE 680	11,68	11,71	0,03	18,00	308,80	2015,597
20047+1751	FYM 279 AC	11,68	15,25	3,57	5,80	203,00	2015,597
20099+3509	BKO 99	11,50	12,50	1,00	7,30	67,30	2015,63
20253+4355	A 291 AC	9,85	11,19	1,34	17,20	345,00	2015,512
20253+4355	FYM 258 AD	9,85	15,54	5,69	37,40	244,00	2015,512
20253+4355	FYM 258 AE	9,85	14,50	4,65	24,80	100,30	2015,512
20288+3812	ES 2508	11,76	12,00	0,24	6,30	302,40	2015,622
20289+5655	TOB 187 AC	9,73	11,61	1,88	26,50	130,00	1999
20328+4000	SEI 1161	10,44	10,90	0,46	7,40	280,00	2015,688
20328+3954	ES 1680 BC	11,56	12,30	0,74	2,70	28,10	2015,688

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
20391+3759	SEI 1208	10,58	11,80	1,22	7,50	11,40	2015,74
20404+3758	SEI 1212	10,30	11,80	1,50	18,90	195,00	2015,74
20404+3758	FYM 327 AC	10,30	14,90	4,60	11,20	30,30	2015
20432+3749	ES 2122	10,29	12,20	1,91	5,40	71,20	2015,74
20432+3749	FYM 323 AC	10,29	16,21	5,92	20,40	142,00	2015,74
20434+4501	ES 668 AB	8,56	14,20	5,64	5,20	67,50	2014,748
20434+4501	FYM 322 AD	8,56	15,05	6,49	18,70	199,70	2015,74
20444-2339	HJ 2991 AB	9,64	10,34	0,70	38,10	8,80	2015,597
20444-2339	HJ 2991 BC	10,34	13,10	2,76	5,80	285,00	2015,597
20461+2222	J 514	9,60	9,70	0,10	2,47	329,30	2015,597
20507+1959	ROE 16 AB	11,33	11,80	0,47	6,00	75,00	2015,597
20507+1959	ROE 16 AC	11,33	16,00	4,67	8,60	245,70	2015,597
20508+4628	BRT 2276	11,18	11,49	0,31	3,78	254,50	2015,718
20508+4628	FYM 314 AC	11,18	15,50	4,32	9,40	148,80	2015,718
20508+4628	FYM 314 AD	11,18	16,36	5,18	11,20	85,60	2015,718
20509+1953	UC 255	13,83	14,89	1,06	12,00	262,50	2015,597
20537+2116	J 2327 AB	8,00	11,80	3,80	68,50	48,40	2015,674
20537+2116	J 2327 BC	11,80	12,20	0,40	4,43	177,00	2015,674
21032+1305	SLE 513	10,40	10,80	0,40	5,48	131,70	2015,674
21048+1322	SLE 517	11,20	11,90	0,70	7,35	195,80	2015,674
21050+1243	SLE 518 AD	8,96	11,40	2,44	16,00	280,70	2015,674
21060+2451	POU 5153	12,06	13,90	1,84	4,71	34,70	2015,674
21069+3845	HZE 4 AJ	2,25	12,43	10,18	17,36	242,70	2015,605
21074+3841	MLB 1019	12,20	13,70	1,50	5,90	246,00	2015,605
21091+2149	BRT 2491	10,90	12,00	1,10	3,18	305,00	2015,649
21105+2227	FYM 289 AD	6,65	15,10	8,45	16,20	78,00	2015,649
21117+2220	BRT 2492	9,90	12,18	2,28	5,04	338,10	2015,649
21117+2220	FYM 291 BC	9,90	14,57	4,67	15,70	335,50	2015,649
21215+3719	ROE 23 CD	11,42	11,82	0,40	13,10	262,00	2015,633
21215+5434	ROE 91 AB	11,90	12,60	0,70	4,90	249,70	2015,67
21225+1057	J 161	10,45	10,66	0,21	1,80	299,00	2015,756
21229+3149	J 2344	10,00	10,00	0,00	6,70	227,40	2015,633
21231+3144	DAM 229 AC	9,30	11,70	2,40	14,32	21,55	2015,633
21254+1121	FYM 330 AD	8,29	14,88	6,59	22,90	78,60	2015,756
21254+1121	FYM 330 AE	8,29	15,75	7,46	16,20	61,20	2015,756
21257+2058	J 3138	12,40	12,80	0,40	3,00	257,40	2015,649
21286+2211	BRT 2496	11,60	11,90	0,30	4,50	236,70	2015,633
21286+2211	FYM 288 AC	11,60	14,50	2,90	15,20	60,30	2015,633
21306+4213	STT 441	8,27	11,26	2,99	6,10	328,25	2015,77
21306+4213	FYM 336 AC	8,27	14,93	6,66	9,50	122,50	2015,77
21306+4213	FYM 336 AD	8,27	14,73	6,46	19,40	280,00	2015,77
21331+2958	J 3141 AB	12,20	12,20	0,00	6,81	312,70	2015,649
21340+4156	J 3142	11,30	11,80	0,50	9,90	59,00	2015,77
21363+2917	BRT 56	10,10	10,20	0,10	3,10	306,30	2015,649
21365+0031	J 163	10,50	11,20	0,70	4,55	309,00	2015,68
21401+2928	BRT 57	10,20	10,30	0,10	5,00	316,80	2015,649
21422+4434	ES 1341 AB	11,42	15,90	4,48	5,65	281,70	2015,74
No cat	FYM 281	12,19	12,18	-0,01	4,00	278,20	2015,605
21449+6228	MLR 16 AB	6,00	9,50	3,39	17,80	34,00	2015,605
21481+6230	ES 1858 AC	5,96	11,30	5,34	17,80	32,90	2015,597
21495+0324	STF 2828 AD	9,46	15,50	6,04	10,70	73,00	2015,649
21495+0324	STF 2828 AB	9,46	9,96	0,50	33,50	140,70	2015,649
21495+0324	STF 2828 BC	9,96	9,99	0,03	3,45	39,50	2015,649
21502+3750	ES 1996	11,90	12,20	0,30	2,10	334,00	2015,649

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
21513+0332	HEI 291	10,40	10,70	0,30	2,25	300,10	2015,649
21513+0808	STE 15	10,40	12,50	2,10	5,85	247,60	2015,649
21521+0739	OSO 158 AB	10,84	14,60	3,76	10,40	125,50	2015,649
21553+2648	A 302	8,94	14,50	5,56	5,80	238,60	2015,682
21558+3716	HO 174 CD	12,32	12,40	0,08	5,95	81,70	2015,649
21558+3716	HO 174 AB	10,38	10,75	0,37	7,60	335,20	2015,649
21561+2701	J 854	13,90	14,00	0,10	2,50	306,00	2015,68
21563+7321	MLB 427	12,20	12,90	0,70	2,40	162,00	2015,805
21573+3732	ES 2526 BC	11,80	12,10	0,30	5,60	181,70	2015,67
21573+3732	ES 2526 AB	11,90	11,80	-0,10	17,90	270,00	2015,67
21569+3735	BKO 905 AB	11,85	13,45	1,60	6,26	317,00	2015,67
21569+3735	BKO 905 AC	11,85	15,20	3,35	6,80	36,70	2015,67
21569+3735	BKO 905 AD	11,85	13,87	2,02	17,90	34,20	2015,67
22016+4921	ES 831 AB	9,55	13,20	3,65	13,80	26,10	2015,658
22016+4921	ES 831 AC	9,55	10,62	1,07	20,50	310,00	2015,658
22016+4921	ES 831 AE	9,55	12,40	2,85	16,00	70,00	2015,658
22016+4921	ES 831 AM	9,55	12,90	3,35	15,50	153,40	2015,658
22041+7328	MLR 255	10,42	10,55	0,13	1,85	247,00	2015,605
22042+3806	SEI 1555	11,53	11,50	-0,03	7,40	179,40	2015,658
No cat	FYM 296	11,90	13,40	1,50	8,15	128,90	2015,658
22052+5502	STI 2612 AB	13,80	13,80	0,00	6,90	31,70	2015,77
22057+5520	STI 2614	11,70	12,10	0,40	5,10	107,00	2015,756
22057+5520	FYM 337 AC	11,70	14,60	2,90	5,77	155,80	2015,77
22057+5520	FYM 337 BD	12,10	15,84	3,74	10,30	72,90	2015,77
22057+5531	STI 2615	12,30	12,90	0,60	10,20	248,50	2015,756
22058+5506	STI 2617	11,70	12,10	0,40	10,00	99,40	2015,77
22018+4918	BKO 906	11,65	14,20	2,55	7,30	58,30	2015,658
22018+4918	FYM 294 AC	11,65	15,41	3,76	19,00	92,00	2015,658
22078+3731	ALI 697	12,50	12,60	0,10	12,90	278,00	2013,66
22078+3737	HDS 3142	9,62	12,49	2,87	9,90	236,30	2015,658
22078+3737	FYM 295 AC	9,62	13,56	3,94	9,40	310,25	2015,658
22087+7330	TDT 3364	11,27	11,60	0,33	1,48	231,60	2015,67
22135+3336	GYL 75	11,13	11,94	0,81	26,70	265,00	2015,658
22143-1109	BRT 2792	11,20	11,70	0,50	4,80	329,00	2015,729
22182+2036	BRT 2505	11,20	11,30	0,10	4,30	207,10	2015,68
22188+3448	J 3161	11,00	11,00	0,00	3,66	133,70	2015,658
22241+5523	STI 2750	11,97	12,60	0,63	4,10	179,00	2015,67
22312-1505	LDS 787	10,78	12,20	1,42	3,37	180,20	2015,68
22312-1509	BRT 636	12,82	12,82	0,00	3,30	181,70	2015,68
22351+7452	LDS 1993	10,05	14,80	4,75	9,50	262,20	2015,605
22357+1939	UC 275	12,20	12,77		14,40	118,80	2015,833
22384+4144	ES 1593	10,52	13,90	3,38	5,30	191,00	2015,68
22385+1806	BRT 2507	12,20	12,30	0,10	2,60	242,10	2015,68
22391+0116	BAL 1244	11,20	11,20	0,00	3,50	239,20	2015,682
22400+1710	HJ 299	9,29	10,58	1,29	19,20	315,90	2015,68
22415+3256	FYM 324 AC	9,60	15,12	5,52	15,90	275,60	2015,74
22417+3059	CHE 368	11,12	12,10	0,98	9,80	346,80	2015,682
22421+3259	J 2377	11,50	13,00	1,50	4,10	174,50	2015,688
22423+1751	HEI 8	10,12	12,50	2,38	3,90	49,50	2015,83
22435+4602	STT 477 CD	11,24	12,70	1,46	10,40	127,20	2015,833
22435+4602	STT 477 AB	7,43	11,30	3,87	22,50	262,00	2015,729
22453+4612	J 3179	11,30	12,00	0,70	6,40	133,10	2015,833
22438+1750	J 209	9,89	13,60	3,71	5,80	47,60	2015,83
22482+1858	TDT 3712	11,00	11,34	0,34	1,80	167,80	2015,688

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	MAG. A	MAG. B	DELTA-M	RHO (")	THETA (°)	ÉPOCA
22526+6219	ES 1860	10,00	12,40	2,40	4,58	160,00	2015,729
22547+1812	J 621 AB	12,61	12,74	0,13	2,25	144,80	2015,688
22547+1812	J 621 AC	12,61	11,00	-1,61	15,90	106,80	2015,688
23036+5548	STI 2930	11,25	11,80	0,55	2,70	241,00	2015,729
23048+5542	STI 2933 AB	11,64	12,20	0,56	9,70	255,70	2015,67
23048+5542	STI 2933 AC	11,64	13,20	1,56	10,45	163,40	2015,67
23048+5542	FYM 306 BD	11,64	14,78	3,14	13,60	316,40	2015,67
23111+4426	J 858	10,76	13,80	3,04	4,00	196,50	2015,729
23108+6315	MLB 181	10,02	12,33	2,31	2,40	189,30	2015,833
23127+1923	J 3353	10,70	10,70	0,00	6,35	182,50	2015,729
23148+2447	J 624	11,45	11,77	0,32	2,60	16,80	2015,34
23179-0144	HJ 3183 BC	13,50	13,60	0,10	3,60	200,00	2015,77
23165-0135	HDO 317	10,00	10,10	0,10	14,90	21,50	2015,77
23198+5543	HJ 1868	9,96	12,50	2,54	25,75	245,00	2015,77
23198+5543	FYM 335 BC	12,50	15,36	2,86	10,40	307,00	2015,77
23220+6317	STI 1170	12,60	13,10	0,50	13,50	77,80	2015,74
23220+6317	FYM 321 AC	12,60	14,83	2,23	9,20	211,20	2015,74
23225+2316	TDT 4004	10,57	11,46	0,89	7,30	345,30	2015,77
23262+4230	BKO 679	12,90	13,50	0,60	2,75	81,60	2015,77
23322+3556	J 3304	12,30	12,30	0,00	6,10	261,80	2015,833

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS.

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
00175+0019	STF 23 AB	A es HIP 1397 / UCAC4-452-000 390 * mV 8,67 * F8 * B es UCAC4-452-000 389 * mV 8,72	
00324+5820	BU 1227 AB	A es HIP 2543	
00324+5820	FYM 346 AF	A es HIP 2543	
00332+5822	STI 1375	A es UCAC4-742-025 248 * mV 13,09 * B es UCAC4-742-025 252 * mV 13,21 * + FYM 345 BC	
00332+5822	FYM 345 BC	B es UCAC4-742-005 252 * C es B es UCAC4-742-005 247 * mV 15,74	
00339+5824	STI 1378	A es TYC 3666-1388-1 / UCAC4-743-005 006 * mV 12,19 * B es UCAC4-743-005 008 * mV 12,73	
00339+5816	ES 1770 AC	A es UCAC4-742-005359 / TYC 3666-1568-1	
00391+5843	MLB 109	A es TYC 3666-1014-2 * B es TYC 3666-1014-1	
00469+5735	TDS 1610	A es TYC 3663-300-1 / UCAC4-738-008 453 * B es UCAC4-738-008 458 * mV 15,33 * Segunda medida	
00472+5716	TDS 29	A es TYC 3663-18-1 / UCAC4-737-008 351 * mV 11,54 * B es TYC 3663-18-2	
00473+5651	STI 1427	A es TYC 3663-789-1 / UCAC4-735-007 929 * mV 9,07 * B es UCAC4-735-007 924 * mV 13,50 * B-V 0,71	
01302+1203	BRT 1168	A es TYC 617-942-1 / UCAC4-511-002 286 * mV 18,86 * B es TYC 617-942-2 / UCAC4-511-002 287	
01320+1150	OCC 391	A es BD+11 00194 / HD 9323 * B es UCAC4-510-002 285 * mV 11,26	
01321+1218	AG 20 AB	A es ADS 1204 AB / TYC 624-321-1 * B es TYC 624-321-2	811,37
01536+3623	ALI 29	A es TYC 2319-119-1 / UCAC-632-006 208 * mV 12,29 * B es ?	
04197+3643	ES 168	A es TYC 2383-772-1 / UCAC4-634-016 927 * mV 9,39 * mp+16 -16	
05248+4723	ES 577	A es TYC 3362-2134-1 / UCAC4-687-037 978 * mV 10,44 * Imagen tomada a las 05:19 UTC durante el eclipse total de Luna de 2015-09-28	
05307+5012	COU 2584	A es TYC 3367-689-1 / UCAC4-702-038 494 * mV 10,27	2048,31
05356+3651	BKO 352 BC	B es UCAC4-635-026 946 * Segunda medida	
05356+3651	BKO 352 BD	B es UCAC4-635-026 946 * mV 11,12 * D es UCAC4-635-026 941 * mV 13,23	
05356+3651	SEI 345 AB	A es TYC 2416-1173-1 / UCAC4-635-026 949 * mV 10,73 * B es UCAC4-635-026 946 * mV 11,12	
05553+0729	DOO 93	A es UCAC4-488-015 904 * mV 12,02 * B es UCAC4-488-015 905 * mV 12,02 * B-V 0,59	
19425+0809	OSO 111 AC	A es HIP 96943 * C es UCAC4-491-120 271 * mV 15,79 * B-V 0,87	281,60
19425+0809	OSO 111 AB	A es HIP 96943 * B es UCAC4-491-120261 * mV 14,31	
08547+1637	AG 338 AB	A es HIP 43751 / Var IK Cnc * B es TYC 1394-57-2	
09182+1700	TDS 525	A es TYC 1402-784-2 / UCAC4-536-049 689 * B es TYC 1402-784-1 * Medida con Surface	
09196-1550	A 3077	A es HIP 45743 * K 1/2 III * B es ?	636,66
10028-1426	J 2072	HD 87 017 mV 7,59	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
19523+1021	GMC 1 AE	A es HIP 97787 * E es UCAC4-502-119 540 * mV 13,94	4525,00
12152+0151	BAL 1884	A es UCA4-460-050089 * mV 12,59 * B es UCA4-050088 * mV 12,88	
13451+1822	FYM 240 BD	B es UCAC4-542-053204 * D es UCAC4-542-053202 mV 14,8 * B-V 0 * Segunda noche en Bin 2x	
13519+3359	ES 2415	A es TYC 2547-66-1 / UCAC4-620-049886 * B es UCAC4-620-049885	
14009+0912	HEI 777	A es UCAC4-497-059940 * mV 10,96	
14374-0645	WRH 7	A es UCAC4-417-058914 * mV 11,53 * B es UCAC4-417-058915 * mV 11,67	
No cat	FYM 236 AB	A es UCAC4-669-058548 * B es UCAC4-669-058550 * 2 noches	
No cat	FYM 236 BC	B es UCAC4-669-058550 * C es UCAC4-669-058551 * B-V 0,68	
14597+0442	BRT 2159	A es TYC 330-1719-1 / UCAC4-474-052385 * G5 * B es UCAC4-474-052384 * mV 9,75	
14597+0442	FYM 243 AC	A es TYC 330-1719-1 / UCAC4-474-052385 * C es UCAC4-474-052383 * mV 14,54	
15031+0421	BAL 2866	A es TYC 342-947-1 / UCAC4-472-050972 * B es UCAC4-472-050971 mV 11,81	
15031+0421	FYM 242 AC	A es TYC 342-947-1 / UCAC4-472-050972 * C es UCAC4-472-050974 mV 13,66	
15076+0313	BAL 2404	A es TYC 339-956-1 / UCAC4-467-050786 * B es UCAC4-467-050785 * mV 10,99	
15131+0303	BAL 2405	A es UCAC4-466-052162 * mV 12;64 * B es UCAC4-466-052163 * mV 12,33	
15517+4614	BEM 9006	A es UCAC4-682-0055664 * B es UCAC4-682-0055663 mV 11,77	
16143-1025	STF 2019 AB,C	A es HIP 79588 (RST 3936) * F7V * C es HIP 79592	1806,00
16284+3112	BRT 255	A es UCAC4-606-053639 mV 11,73 * B es UCAC4-606-053641 mV12,73	
16292+3114	BRT 3313	A es TYC 2581-1819-1 / UCAC4-607-052 661 * B es UCAC4-607-052 662 * mV 9,77	
16316+0526	STF 2056	A es HIP 80939 * A3 * B es UCAC4-478-061 902 * mV 9,22 * 2 noches	588,38
16349+0540	BRT 2165	A es TYC 394-1494-1 / UCAC4-479-060 045 * B es UCAC4-479-060 046 * mV 12,22	
16375-0530	HLD 26	A es HIP 81402 / UCAC4-423-068359 * B es UCAC4-423-068360	
17183+1912	SLE 13	A es TYC 1544-1015-1 / UCAC4-547-060377 * B es UCAC4-547-060376 mV 11,03 * 2 noches	5589,68
17214-1817	ARA 441	A es TYC 6238-1437-1 / UCAC4-359-091124 * B es UCAC4-359-091122 mV 10,73	
17304+0533	WOR 25	A es HIP 85665 / GLIESE 678,1 A * M1 * B es UCAC4-478-068 001 * mV 14,46	148,87
17305+2447	POU 3295	A es UCAC4-574-057459 * mV 12,57 * B es UCAC4-574-057460 * mV 12,97	
17322+2446	POU 3297	A es TYC 2079-1834-1 / UCAC4-574-057 630 * B es UCAC4-574-057 631 * mV 11,68	
17378+2257	AG 210	A es HIP 86282 * B es UCAC4-565-059580 mV 10,11 * Estrella rápida: mp -162 -138 * M0,5+M1,5	87,96
17378+2257	FYM 246 AC	A es HIP 86282 * C es UCAC4-565-059579 mV 14,12	
17384+2916	HJ 1301	A es TYC 2088-2299-1 / UCAC4-597-054 618 * B es UCAC4-597-054 619 * mV 11,60	
17395+0324	BU 961 AB	A es HIP 86424	
17395+0324	BU 961 AC	A es HIP 86424 * C es UCAC4-467-063 345 * mV 13,44	
17395+2429	DOO 68 AB	A es UCAC4-573-060741 * B es UCAC4-573-060740 * mV 12,5	
17395+2429	FYM 239 AC	A es UCAC4-573-060741 * C es UCAC4-573-060 739 * mV 14,83	
17396+2433	POU 3305	A es UCAC4-573-060755 * B es UCAC4-573-060754 mV 13,36	16945,00
17398+2444	POU 3306	A es UCAC4-574-058376 * B es UCAC4-574-058377 mV 12,32	
17401+2914	STF 2192	A es HIP 86471 * B-V 1,17 * B es HIP 86472 B-V 1,61	2220,00
17401+2914	FYM 245 AC	A es HIP 86471 * C es UCAC4-597-057769 * mV 13,22 * B-V 1,53	891,75
17404+2144	BRT 2436	A es TYC 1563-2033-1 / UCAC4-559-062 562 * B es UCAC4-559-062 560 * mV 10,82	
17405+2450	HJ 1302	A es UCAC4-575-058932 * mV 11,45 * C es UCAC4-575-058934 mV 12,02	
17413+2425	POU 3309	A es UCAC4-573-060943 * mV12,24 * B es UCAC4-573-060942 * mV 13,03	
17480+0249	BAL 1943	A es UCAC4-465-087140 * B es UCAC4-465-067139 * V 11,36	
17480+0249	FYM 238 AC	A es UCAC4-465-087140 * C es UCAC4-465-067144	
17521+4657	ES 1259	A es TYC 3515-1339-1 / UCAC4-685-059 954 * B es UCAC4-685-059 952 * mV 9,19	
17555+4108	ES 1557 AC	A es COU 1601 / TYC 3093-705-1 * C es UCAC4-656-062532	
17555+4108	ES 1557 AB	A es TYC 3093-705-1 * F3V * B es UCAC4-656-052 535 * mV 12,20	
17555+4108	ES 1557 AD	A es TYC 3093-705-1 * D es UCAC4-656-062 528 * mV 13,35 * B-V 0,54	
17574+3540	WAL 86 CD	C es TYC 2620-437-1 * D es TYC 2620-437-2 / UCAC4-629-055 382 * mV 11,59	
17572+3541	STF 2256 AC	A es TYC 2620-437-1 * C es UCAC4-629-055 382 mV 11,59	
17572+3541	HO 73 AB	A es TYC 2620-437-1 * B es TYC 2620-437-2	
18003+4548	ES 1260	A es TYC 3524-1376-1 / UCAC4-679-060 753 * B es UCAC4-679-060 754 * mV 10,41	
17417+2831	ROE 119	A es TYC 2088-1794-1 / UCAC4-593-060 332 * B es UCAC4-593-060 333 * mV 11,05	
18052+0238	BAL 1950	A es UCAC4-464-071100 * B es UCAC4-464-071099 mV11,07	
18055+0311	HEI 257	A es TYC 434-465-1 / UCAC4-466-071 241 * B es ?	
18065+4022	STF 2282 AB	A es HIP 88703 / UCAC4-652-061 227 * B es UCAC4-652-061 228 * mV 8,51	644,84
18073+2334	POU 3349 AC	A es UCAC4-568-064 316 * C es UCAC4-568-064 314 * mV 13,21	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
18073+2334	WLY 8 AB	A es UCAC4-568-064 316 * B es UCAC4-568-064 317 * mV 12,89	
18079+4002	ES 1649 AC	A es TYC 3106-848-1 / UCAC4-651-061 054 * B es UCAC4-651-061 049 * mV 12,03	6,20
18079+4002	ES 1649 AB	A es TYC 3106-848-1 / UCAC4-651-061 054 * B es UCAC4-651-061 053 * mV 11,19	
18106-1645	S 700 AB	A es TYC 6264-1001-1 * B1 III * B es TYC 6264-806-1	21,84
18106-1645	S 700 AC	A es TYC 6264-1001-1 * C es TYC 6264-92-1	
18106-1645	S 700 AG	A es TYC 6264-1001-1 * B1 III * G es UCAC4-367-116 370 * mV 12,98	
18121+2448	POU 3358	A es TYC 2096-781-1	
18121+2448	FYM 266 AC	A es TYC 2096-781-1 * C es UCAC4-575-062599 * mV 15,29 * mp -16 -2	
18127+2424	SLE 142	A es HIP 89247 / UCAC4-572-064 044 * F8 * B es UCAC4-572-064 039 * mV 10,56	568,12
18127+2424	FYM 267 AC	A es HIP 89247 * C es UCAC4-572-064041 * mV 15,44	639,44
18140+2456	POU 3364	A es UCAC4-575+062 901 * B es UCAC4-575+062 905 * B más brillante que A	
18207+3547	COU 1148	A es UCAC4-629-057 349 * Segunda medida	10480,00
18245+2028	BU 1325	A es HIP 90222 / TYC 1577-223-1 * mV 9,74 * A0 * B es TYC 1577-223-2	
18258+1952	BRT 2446 AC	A es TYC 1577-1525-4 / UCAC4-550-071 053 * C es UCAC4-550-071 052 * mV 12,27	
18258+1952	BRT 2446 AB	A es TYC 1577-1525-4 / UCAC4-550-071 053 * B es UCAC4-550-071 054 * mV 11,34	
18270+2603	L 24	A es HD 336128 * G5 según Simbad	
18316-0353	A 87 AC	A es UCAC4-431-076 711 * mV 9,62 * C es UCAC4-431-076 710 / TYC 5120-858-1 * mV 10,36	
No cat	FYM 261 AB	A es TYC 1029-3952-1 / UCAC4-499-020 209 V 10,95 * B es UCAC4-499-020 207 * mV 12,72 * B-V 1,71	
No cat	FYM 261 AC	A es TYC 1029-3952-1 * C es UCAC4-499-020 202 * mV 12,74	
No cat	FYM 261 BC	B es UCAC4-499-020207 * mV 12,72 * C es UCAC4-499-020202 * mV 12,74	
No cat	FYM 261 BD	B es UCAC4-499-020207 * mV 12,72 * D es UCAC4-499-020217 * mV 13,89	
18425-0807	BRT 483	A es UCAC4-410-085 264 * mV 11,74 * B es UCAC4-410-085 267 * mV 11,78	
18425-0807	FYM 254 AC	A es UCAC4-410-085 264 * C es UCAC4-410-085 273 * mV 13,98	
18435-0817	J 104 AB	A es HIP 91845 / Eps Sct * G8II	
18435-0817	KUI 87 AD	A es HIP 91845 / Eps Sct * D es ? * Segunda medida	1233,00
18510-1958	ARA 1162	A es UCAC4-351-160 016 * mV 11,42 * B es TYC 6289-2776-1 / UCAC4-351-160 010 * mV 11,69	
18510-1958	FYM 269 AC	A es UCAC4-351-160 016 * mV 11,42 * C es UCAC4-351-160 017 * mV 14,27	
18510-1958	FYM 269 AD	A es UCAC4-351-160 016 * mV 11,42 * D es UCAC4-351-160 014 * mV 14,69	
18568+2456	POU 3605	A es TYC 2113-1640-1 / UCAC4-575-072 693 * mV 12,63 * B?	
18573+2502	POU 3612	A es UCAC4-576-072692 * mV 13,94 * B es UCAC4-576-072693 * mV 14,56	
18573+2502	FYM 257 AC	A es UCAC4-576-072692 * mV 13,94 * C es UCAC4-576-072686 * mV 15,56	
18573+2502	FYM 257 AD	A es UCAC4-576-072692 * mV 13,94 * D es A es UCAC4-576-072685 * mV 15,08	
18585+2515	A 2990 AC	A es HIP 93157 * C es UCAC4-577-071569 * mV 13,69	
19000+1253	STF 2426 AB	A es HIP 93273 * mV 7,26 * K3 III * B es HIP 96268 * mV9,14 * B9 V	
19000+1253	STF 2426 BC	B es HIP 93268 * mV 9,14 * C ?	
19012+1253	J 1279	A es UCAC4-515-089437 * mV 11,16 * B-V 1,31	
19018+1232	STF 2432 AB	A es HIP 93438 * mV 6,83 * B es UCAC4-513-091294 * mV 10,44 / TYC 1084-2461-1	
19018+1232	STF 2432 AC	A es HIP 93438 * mV 6,83 * C es UCAC4-613-091290 * mV 14,37	
No cat	FYM 370	A es TYC 1042-1199-1 * B es UCAC4-497-101630 * mV 14,58 * mp -53 +28	
19198+0902	J 1334	A es TYC 1042-713-1 / UCAC4-496-109 937 * mV11,24 * B es UCAC4-496-109 936 * mV 11,09	
19248+0235	BAL 1984	A es TYC 469-5154-1 / UCAC4-463-100 948 * mV 12,37 * B es UCAC4-463-100 960 * mV 12,64	
19248+0235	FYM 273 BC	B es UCAC4-463-100 960 * mV 12,64 * C es B es UCAC4-463-100 956 * mV 15,10 * Tercera medida	
19248+0231	J 2965	A es UCAC4-463-101 034 * mV 11,39 * B es UCAC4-463-101 036 * mV 11,47	
19318+0911	DAM 158 AB	A es UCAC4-496109 195 * B es A es UCAC4-496109 196 * mV 12,35	
19318+0911	DAM 158 AC	A es UCAC4-496109 195 * mV 11,75 * UCAC4-496109 201 * mV 13,18	
19331+0725	BU 192 AB	A es HIP 96142 * Estrella rápida: mp 85,4 -335,6 * B es UCAC4-488-109 410 * mV 14,31	
19346+0748	J 2179	A es UCAC4-490-110 492 * B es UCAC4-490-110 488 * mV 11,86	
19352+0825	VYS 9 AB	A es HIP 96339 * B es UCAC4-493-115 013 * mV 10,30	164,91
19352+0825	FYM 293 AD	A es HIP 96339 * D es UCAC4-493-115 005 * mV 14,99	380,12
19371+0819	STF 2544 AC	A es TYC 1056-2764-1 * C ?	
19371+0819	FYM 290 AE	A es TYC 1056-2764-1 * E es UCAC4-492-114 544 * mV 15,74	
19371+0819	FYM 290 CF	C es TYC 1056-2764-2 * F es UCAC4-492-114 527 * mV 13,71	
19371+0819	FYM 290 AG	A es TYC 1056-2764-1 * G es UCAC4-492-114 357 * mV 14,03	
19385+1715	BU 1471 AB	A es HIP 96608 * B es UCAC4-537-098 092 * mV 10,63	
19385+1715	WAL 116 AC	A es HIP 96608 * B 0,5 V * C es UCAC4-537-098 086 ? * mV 13,68	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
19386+0909	J 2987	A es TYC 1056-1324-1 / UCAC4-496-114 411 * mV 11,67 * B ? * 2 noches	
No cat	FYM 300 AB	A es UCAC4-497-111 984 - mV 12,43 * B es UCAC4-497-111 983 * mV 13,13 * B-V 1,86 * mp-19 -1	
19390+1528	J 774	A es TYC 1602-905-1 / UCAC4-528-106 542 * mV 11,18 * B es UCAC4-528-106 540 * mV 11,09	
19391+0923	J 2988	A es UCAC4-497-112 003 * mV 12,58	
19427-0033	J 2555	A es UCAC4-448-118 964 * mV 13,44	
19427-0033	FYM 298 AC	A es UCAC4-448-118 964 * mV 13,44 * C es UCAC4-448-118 961 * mV 15,77 * mp -92 +57	
19432+1533	DAM 173 AC	A es UCAC4-528-110 657 * mV 10,54 * B es UCAC4-528-110 660 * mV 10,50	
19435+1056	BRT 2183	A es TYC 1061-196-1 / UCAC4-505-116 931 * mV 11,56 * B es UCAC4-505-116 930 * mV 11,20	
19448+1251	J 1862	A es TYC 1065-144-1 * B es UCAC4-515-110 062 * mV 10,81	
19464+3344	STF 2576	A es ADS 11 889 / HIP 97295 * IC = 1,0	
19467+0510	A 374	A es TYC 488-1692-1 / UCAC4-476*109217 * mV 8,77 * K1III * B ?	
19469+0610	BU 828	A es TYC 492-2603-1 / UCAC4-481-111601 * mV 8,47	
19469+0514	J 3004	A es TYC 488-1731-1 / UCAC4-477-106 890 / B es UCAC4-477-106 886 * mV 10,80	
19469+0514	FYM 276 AC	A es TYC 488-1731-1 / UCAC4-477-106 890 * C es UCAC4-447-106889 * mV 13,99	
19469+0514	FYM 276 AD	A es TYC 488-1731-1 / UCAC4-477-106 890 * D es UCAC4-447-106 897 * mV 15,94	
19475+0615	J 2186 AB	A es UCAC4-482-110 054 * Segunda medida	
19475+0615	J 2186 AC	A es UCAC4-482-110 058 * C es UCAC4-482-110 060 * mV 12,67	
19481+0523	HJ 2897 AB	A es UCAC4-477-107448 * mV 11,75 * B es UCAC4-477-107446 * mV 13,01	
19481+0523	DAM 180 AC	A es UCAC4-477-107448 * C es UCAC4-477-107450 * mV 15,09	
19485+1843	J 3009	A es TYC 1619-763-1 / UCAC4-544-105494 * B es UCAC4-544-10499 - mV 11,20 * Segunda medida	
19486+1844	J 3011	A es TYC 1619-855-1 / UCAC4-544-105 587 * B es UCAC4-544-105 584 * mV 11	
19486+1844	FYM 277 AC	A es TYC 1619-855-1 / UCAC4-544-105 587 * C es UCAC4-544-105 573 * mV 14,90	
19486+1844	FYM 277 AD	A es TYC 1619-855-1 / UCAC4-544-105 587 * D es UCAC4-544-105 570 * mV 15,44	
19486+1844	FYM 277 BE	B es UCAC4-544-105 584 * mV 11,00 * E es UCAC4-544-105 566 * mV 15,53	
19486+1844	FYM 277 CD	C es UCAC4-544-105 573 * mV 14,90 * D es UCAC4-544-105 570 * mV 15,44	
19490+1956	J 2283	A es UCA4-550-104382 * mV 13,60 * B es UCA4-550-104378 * mV 14,18 * 2 noches	
19491+1956	J 2285	A es UCAC4-550-104 431 * Segunda medida	
19503+0453	BAL 2952	A es TYC 488-2162-1 / UCAC4-475-108729 * mV 11,27 * Segunda medida	
19510+0854	J 3019	A es UCAC4-495-118 313 * B es UCAC4-495-118 306 * mV 12,01 * 2 noches	
19510+1025	J 124 AB	A es HIP 97675 * F9V+M3 * B es UCAC4-503-122 209 * mV 13,12	398,29
19510+1025	J 124 AC	A es HIP 97675 / Omi Aql * C es UCAC4-503-122 210 * mV 12,78 * Estrella rápida: mp 261 - 160	
19511+1340	J 3020	A es TYC 1070-1492-1 / UCAC4-519-113 252	
19523+1021	STF 2590 CD	C es UCAC4-502-119 507 * mV 12,47 * D es UCAC4-502-119 501 * mV 12,55 * mp -9, 0	
19523+1021	STF 2590 AB	A es HIP 97787 / V 1466 Aql * B es UCAC4-502-119 535 * mV 7,62 * mp -2, -12	3916,00
19524+0853	BRT 2611	A es TYC 1058-2140-1 / UCAC4-495-119 210 * B es UCAC4-495-119 211 * mV 12,39	
19524+0853	FYM 274 AC	A es TYC 1058-2140-1 / UCAC4-495-119 210 * C es UCAC4-495-119 209 * mV 14,55	
19553+3011	J 781 AB	A es TYC 2669-313-1 / UCAC-601-101 184 * mV 10,80 * B es UCAC-601-101 187 * mV 10,98	
19555+0841	J 1184	A es TYC 1071-22-1 / UCAC4-494-119 898 * mV 11,49 * B ?	
19557+3020	BRT 271	A es UCAC4-602-098 206 * mV 12,68 * B es UCAC4-602-098 2110 * mV 12,64 * 2 noches	
19558+0830	J 1869	A es UCAC4-493-125 412 * mV 14,13 * B es UCAC4-493-125 415 * mV 14,88	
19558+0829	DAM 184	A es UCAC4-493-125 424 * mV 14,39 * B es UCAC4-493-125 421 * mV 14,74 * mp -28 -36	13,70
19558+3019	BRT 272	A es UCAC4-602- 098 278 * mV 11,33 * B UCAC4-602- 098 282 ? * mV 11,46	
19558+3019	FYM 311 AC	A es UCAC4-602- 098 278 * C es UCAC4-602-098 274 * mV 14,57	
19561+0418	OSO 115 AB	A es HIP 98096 / UCAC4-472-110 040 * mV 9,51 * B ?	
19591+1437	FYM 301 AC	A es TYC 1083-1247-1 * C es UCAC4-523-123 700 * mV 15,36	
19585+1440	DAM 186	A es TYC 1083-731-1 / UCAC4-524-120 701 * mV 12,01 * B es UCAC4-524-120 702 * mV 12,64	
19587-0548	RST 5147	A es TYC 5159-702-1 / UCAC4-421-128 403 * mV 10,11 * B es ?	
19595+3546	J 1159	A es TYC 2682-613-1 / UCAC4-629-086 909 * mV 11291 * 3 noches	
19596+3543	ES 2247	A es TYC 2682-1309-1 / UCAC4-629-087 012 * mV 10,07 * B es UCAC4-629-087 018 ? * mV 15,20	
20047+1751	SLE 680	A es TYC 1621-1778-1 / UCAC4-540-121 993 * B es UCAC4-540-121 988 * mV 11,71	
20047+1751	FYM 279 AC	A es TYC 1621-1778-1 / UCAC4-540-121 993 * mV 11,68 * C es UCAC4-540-121 992 * mV 15,25	
20099+3509	BKO 99	A es UCAC4-626-092 563 * mV 11,82 * B es UCAC4-626-092 562 * mV 12,63 * Con REDUC mVA<mVB	
20253+4355	A 291 AC	A es TYC 3164-785-1 / UCAC4-670-087558 * C es UCAC4-670-0875583 * m V11,19	
20253+4355	FYM 258 AD	A es TYC 3164-785-1 / UCAC4-670-087558 * D es UCAC4-670-087552 * mV 15,54	
20253+4355	FYM 258 AE	A es TYC 3164-785-1 / UCAC4-670-087558 * E no encontrada en UC4 ? pero delta mV = 5 con RECUC	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
20288+3812	ES 2508	A es UCAC4-642-093 443 * mV 12,04 * B es UCAC4-642-093 440 * mV 12,45	
20289+5655	TOB 187 AC	A es TYC 3958-952-1 / UCAC4-735-069 279 * mV 9,71 * C es UCAC4-735-069 288 * mV 11,34	
20328+4000	SEI 1161	A es TYC 3157-1357-1	
20328+3954	ES 1680 BC	A es TYC 3157-300-1 / UCAC4-650-090 045 * mV 11,05	
20391+3759	SEI 1208	A es TYC 3153-86-1 / UCAC4-640-094 041 * mV 10,58 * B es UCAC4-640-094 042 * mV 10,73	
20404+3758	SEI 1212	A es TYC 3166-1587-1 / UCAC4-640-094 221 mV 10,44 * B es UCAC4-640-094 217 * mV 12,53	
20404+3758	FYM 327 AC	A es UCAC4-640-094 221 * C es UCAC4-640-094 223 * mV 14,90	
20432+3749	ES 2122	A es TYC 3166-1486-1 / UCAC4-640-094 642 * mV 11,01 * B es UCAC4-640-094 044 * Segunda medida	
20432+3749	FYM 323 AC	A es TYC 3166-1486-1 / UCAC4-640-094 642 * mV 11,01 * C es UCAC4-640-094 646 * mV 16,21	
20434+4501	ES 668 AB	A es TYC 3574-1823-1 / UCAC4-676-087 374 * K0 * B es UCAC4-676-087 37 * Medida con Speckle + CA	
20434+4501	FYM 322 AD	A es UCAC4-676-087374 * C es A es UCAC4-676-087 373 * mV 15,05	
20444-2339	HJ 2991 AB	A es TYC 6921-902-1 * A5 * B es TYC 6921-155-1	
20444-2339	HJ 2991 BC	B es TYC 6921-155-1 * C es UCAC4-332-207 603 * mV 10,30	
20461+2222	J 514	A es TYC 1646-1511-1 / UCAC4-562-122 319	
20507+1959	ROE 16 AB	A es TYC 1655-1594-1 / UCAC4-550-133 975 * F5 * B es UCAC4-550-133 978 * mV 11,14	
20507+1959	ROE 16 AC	A es TYC 1655-1594-1 / UCAC4-550-133 975 * C es UCAC4-550-133 972 * mV 14,19	
20508+4628	BRT 2276	A es TYC 3575-25-1 * B es TYC 3575-25-2	
20508+4628	FYM 314 AC	A es TYC 3575-25-1 / UCAC4-683-089 747 * mV 10,49 * C es UCAC4-683-089 755 * mV 15,50	
20508+4628	FYM 314 AD	A es TYC 3575-25-1 / UCAC4-683-089 747 * D UCAC4-683-089 771 ? * mV 16,36	
20509+1953	UC 255	A es UCAC4-550-134 021 * B es UCAC4-550-134 016 * mV 14,32	
20537+2116	J 2327 AB	A es HIP 103123 * B es UCAC4-557-123 998 * mV 13,13	29963,00
20537+2116	J 2327 BC	B es UCAC4-557-123 998 * mV 13,13 * C es UCAC4-557-123 999 * mV 13,27	
21032+1305	SLE 513	A es BD+12 4534 * F0 * B es UCAC4-137 523 * mV 10,44	
21048+1322	SLE 517	A es TYC 1116-1945-1 / UCAC4-517-132 839 * mV 11,15 * B es UCAC4-517-132 837 * mV 12,11	
21050+1243	SLE 518 AD	A es HIP 104 067 * K0 * D es HIP 104 066	1532,00
21060+2451	POU 5153	A es TYC 2177-331-1 / UCAC4-575-122 868 * m 11,72 * B es UCAC4-575-122 870 * mV 12,09	
21069+3845	HZE 4 AJ	A es 61 Cyg * J es UCAC4-644-101 688 ? * mV 10,74 / TYC 3168-590-1	
21074+3841	MLB 1019	A es TYC 3168-1052-1 / UCAC4-644-101 792 * K5 * B es UCAC4-644-101 789 * mV 12,23	
21091+2149	BRT 2491	A es TYC 1661-1747-1	
21105+2227	FYM 289 AD	A es HIP 104539 / UCAC4-563-127 866 * mV 6,67 * D es UCAC4-563-127 870 * mV 15,1	
21117+2220	BRT 2492	A es TYC 1661-01817-1 / UCAC4-562-129 194 * B es UCAC4-562-129 192 * mV 10,84	
21117+2220	FYM 291 BC	B es UCAC4-562-128 192 * mV 10,84 * C es UCAC4-562-128 189 * mV 14,57 *	
21215+3719	ROE 23 CD	A es TYC 2715-851-1 * D es UCAC4-637-108 995 * mV 11,82	
21215+5434	ROE 91 AB	A es UCAC4-723-079 640 * mV 11,61 * B es UCAC4-723-079 637 * mV 11,71	
21225+1057	J 161	A es TYC 1110-715-1 / UCAC4-505-140 321 * mV 9,79 * B es TYC 1110-715-2	
21229+3149	J 2344	A es UCAC4-609-121137	
21231+3144	DAM 229 AC	A es HIP 105582 * C es UCAC4-609-121 203 * mV 10,82	
21254+1121	FYM 330 AD	A es HIP 105 784 / UCAC4-507-139 376 * F8 * D es UCAC4-507-139 379 * mV 14,88	
21254+1121	FYM 330 AE	A es HIP 105 784 / UCAC4-507-139 376 * E es UCAC4-507-139 377 * mV 15,75	
21257+2058	J 3138	A es UCAC4-555-127 303 * mV 12,23	
21286+2211	BRT 2496	A es UCAC4-561-133 940 * mV 12,24 * B es UCAC4-561-133 939 * mV 12,42	
21286+2211	FYM 288 AC	A es UCAC4-561-133940 * C es UCAC4-561-133 941 * mV 14,50	
21306+4213	STT 441	A es HIP 106191 / UCAC4-662-097 355 * A7 V * B es UCAC4-662-097 352 * mV 11,26	1123,00
21306+4213	FYM 336 AC	A es UCAC4-662-097 355 * C es UCAC4-662-097 358 * mV 14,93 * mp+35 -72 * B-V 0,0	1629,00
21306+4213	FYM 336 AD	A es UCAC4-662-097 355 * D es UCAC4-662-097 349 * mV 14,73 * B-V 1,03	3326,00
21331+2958	J 3141 AB	A es UCAC4-600-131216 * mV 13,46 * B es UCAC4-600-131210 * mV 13,46	
21340+4156	J 3142	A es UCAC4-660-098 476 * mV 12,21 * B-V 1,16 * B es UCAC4-660-098 478 * mV 12,21 * mp +36 -9	
21363+2917	BRT 56	A es TYC 2200-1496-1 * mV 10,94 * B es UCAC4-597-129 156 * mV 10,67	
21365+0031	J 163	A es TYC 542-1015-1 / UCAC4-453-121 245 * mV 9,78 * B es UCAC4-453-121 243 * mV 9,79	
21401+2928	BRT 57	A es TYC 2201-1133-1 * B es UCAC4-598-131 571 * mV 10,60	
21422+4434	ES 1341 AB	A es TYC 3196-616-1 / UCAC4-673-104 984 * B es UCAC4-673-104 979 * mV 11,62 * Segunda medida	
No cat	FYM 281	A es TYC 4266-398-1 / UCAC4-763-063319 * * B es UCAC4-763-063317	
21449+6228	MLR 16 AB	A es HIP 107374 * O9lle * B es UCAC4-765-063	10735,00
21481+6230	ES 1858 AC	A es TYC 4266-2719-1 / UCAC4-763-063758 * C es UCAC4-763-063760 * mV 11,08 * B-V 0,79	
21495+0324	STF 2828 AD	A es TYC 548-1431-1 * D es UCAC4-467-131229 * mV 14,54	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
21495+0324	STF 2828 AB	A es ADS 15348 A / TYC 548-1431-1 * B es UCAC4-467-131 230 * mV 9,36	
21495+0324	STF 2828 BC	B es UCAC4-467-131 230 * mV 9,36 * C es B es UCAC4-467-131 231 * mV 9,99 * B-V 0,75	
21502+3750	ES 1996	A ? B ?	
21513+0332	HEI 291	A es TYC 548-1258-1	
21513+0808	STE 15	A es HIP 107867 * B es UCAC4-491-146 890 * mV 10,04	
21521+0739	OSO 158 AB	A es TYC 1122-972-1	
21553+2648	A 302	A es TYC 2211-2593-1 / UCAC4-584-123 922 * mV 9,24 * B es UCAC4-584-123 913 ? * mV 14,90	
21558+3716	HO 174 CD	C es UCAC4-637-115 414 * mV 11,49 * D es TYC 2731-737-1 * mV 12,32	
21558+3716	HO 174 AB	A es TYC 2731-181-1 * F2 * B es TYC 2731-181-2	665,91
21561+2701	J 854	A es TYC 2211-2491-1 * mV 13,22 *	
21563+7321	MLB 427	A es TYC 4474-109-1	
21573+3732	ES 2526 BC	B es UCAC4-638-115 488 * mV 13,09 * C es UCAC4-638-115 487 * mV 13,35 * mp -10 -14	490,97
21573+3732	ES 2526 AB	A es TYC 3185-288-1 / UCAC4-638-115 494 * mV 11,76 * B es UCAC4-638-115 488 * mV 13,09	
21569+3735	BKO 905 AB	A es UCAC4-638-115 415 * mV 13,67 * B es UCAC4-638-115 412 * mV 13,98	
21569+3735	BKO 905 AC	A es UCAC4-638-115 415 * C es A es UCAC4-638-115 416 * mV 14,98	
21569+3735	BKO 905 AD	A es UCAC4-638-115 415 * mV 13,67 * D es UCAC4-638-115 419 * mV 13,82	
22016+4921	ES 831 AB	A es TYC 3613-1533-1 * A3Vp * B es UCAC4-697-103 602 * mV 13,17	
22016+4921	ES 831 AC	A es TYC 3613-1533-1 * C es TYC 3613-14133-1 / UCAC4-697-103 589 * mV 10,62	
22016+4921	ES 831 AE	A es TYC 3613-1533-1 * E es UCAC4-697-103 608 * mV 13,64 * B-V 1,70	
22016+4921	ES 831 AM	A es TYC 3613-1533-1 * mV 9,55 * M es UCAC4-697-103 603 * mV 13,78	
22041+7328	MLR 255	A es TYC 4475-240-1 * B es TYC 4475-240-2 * 4 noches	
22042+3806	SEI 1555	A es UCAC4-541-118 543 * B ?	
No cat	FYM 296	A es UCAC4-641-118 549 * mV 11,90 * B es UCAC4-641-118 541 * mV 13,40	
22052+5502	STI 2612 AB	UCAC4-726-081 247 * mV 12,94 * Componente difícil de localizar por rotación importante, Theta =211,5	
22057+5520	STI 2614	A es UCAC4-727-079 454 * mV 11,83 * B-V 0,49 * B es UCAC4-727-079 457 * mV 12,10	
22057+5520	FYM 337 AC	A es UCAC4-727-079 454 * mV 11,83 * C ?	
22057+5520	FYM 337 BD	B es UCAC4-727-079 457 * mV 12,10 * D es UCAC4-727-079 466 * mV 15,84	
22057+5531	STI 2615	A es TYC 3973-1481-1 / UCAC4-728-082 153 * mV 12,13 * B es UCAC4-728-082 149 * mV 13,64 * mp-7-4	
22058+5506	STI 2617	A es UCAC4-726-081 398 * mV 12,62 * B es UCAC4-726-081 404 * mV 12,38	
22018+4918	BKO 906	A es UCAC4-697-103 682 * B es UCAC4-697-103 686 * mV 12,08	363,60
22018+4918	FYM 294 AC	A es UCAC4-697-103 682 * C es UCAC4-697-103 694 * mV 15,41	
22078+3731	ALI 697	A es UCAC4-638-117 130 * mV 12,49	
22078+3737	HDS 3142	A es HIP 109237 * B es UCAC4-639-11 867 * mV 11,07	413,96
22078+3737	FYM 295 AC	A es HIP 109237 * C es UCAC4-639-111 868 * mV 13,59	
22087+7330	TDT 3364	A es TYC 4475-737-1 / UCAC4-818-027 020 / B es ?	
22135+3336	GYL 75	A es TYC 2737-651-1 * B es UCAC4-618-134 489 * mV 12,15	
22143-1109	BRT 2792	A es UCAC4-395-129 584 * mV 11,89 * B-V 0,66 * D es UCAC4-395-129 583 * mV 12,22	
22182+2036	BRT 2505	A es UCAC4-553-135 874 * mV 11,80 * B es UCAC4-553-135 873 * mV 12,00	
22188+3448	J 3161	A es UCAC4-625-124248 * TYC 2741-355-1* mV 9,89	
22241+5523	STI 2750	A es TYC 3986-1197-1 / UCAC4-727-085 437 * B es UCAC4-727-085 43* mV 11,43	
22312-1505	LDS 787	A es TYC 6385-482-1 * B ?	
22312-1509	BRT 636	UCAC4-375-182 003 * mV 11,57 * mp +137 + 8 y UCAC4-375-182 002 * mV 11,56 * B-V 1,16	
22351+7452	LDS 1993	A es TYC 4488-359-1 / UCAC4-825-024 341 * B es UCAC4-825-024 340 * mV 11,23	
22357+1939	UC 275	Segunda medida	
22384+4144	ES 1593	A es TYC 3209-796-1 / UCAC4-659-108 213 * mV 10,47	
22385+1806	BRT 2507	A es TYC 1700-246-1 * mV 12,20	
22391+0116	BAL 1244	A es UCAC4-457-120 416 * mV 11,22 * B es UCAC4-457-120 417 * mV 11,22	
22400+1710	HJ 299	A es TYC 1700-953-1 / UCAC4-536-148 550 * mV 9,59 * B es UCAC4-536-148 548 * mV 10,57	
22415+3256	FYM 324 AC	A es TYC 2740-492-1 / UCAC4-615-131 125 * mV 11,24 * C es UCAC4-615-131 122* mV 15,12 * mp-28 -2	
22417+3059	CHE 368	A es UCAC4-605-134 014 * mV 12,47 * B es UCAC4-605-134 013 * mV 12,49*	
22421+3259	J 2377	A es UCAC4-615-131 167 * mV 13,46 * B es UCAC4-615-131 168 * mV 13,51	
22423+1751	HEI 8	A es TYC 1701-815-1 / UCAC4-540-150 766 * mV 10,32 * B ?	
22435+4602	STT 477 CD	TYC 3621-1633-1 / UCAC4-681-126 037 * mV 11,25 * B es UCAC4-681-126 039 * mV 12,28	
22435+4602	STT 477 AB	A es TYC 3621-1603-1 / UCAC4-681-126 051 * F6V * B es UCAC4-681-126 047 * mV 12,20	
22453+4612	J 3179	3 noches * mA < mB con REDUC	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
22438+1750	J 209	A es TYC 1701-917-1 / UCAC4-540-150 482 * mV 9,89 * K0 * B es UCAC4-540-150 483 * mV 9,68 * A2	
22482+1858	TDT 3712	A es TYC 1706-1289-1 / UCAC4-545-146 394 * mV 10,37 * B es ?	
22526+6219	ES 1860	A es TYC 4282-996-1 / UCAC4-762-068 101 * mV 9,91 * B ?	
22547+1812	J 621 AB	A es UCAC4-541-148 172 * B es ?	
22547+1812	J 621 AC	A es UCAC4-541-148 172 * mV 12,37 * C es UCAC4-541-148 173 * mV 13,42	
23036+5548	STI 2930	A es UCAC4-730-095 339 * mV 11,41 * B es UCAC4-730-095 337 * mV 11,47	
23048+5542	STI 2933 AB	A es UCAC4-729-094 734 * B es UCAC4-729-094 729 * mV 12,42 * 2 noches	
23048+5542	STI 2933 AC	A es TYC 3989-1166-1 / UCAC4-729-094 734 * mV * 11,11 * C es UCAC4-729-094 736 * mV 13,25 *	
23048+5542	FYM 306 BD	B es UCAC4-729-094 729 * mV 12,42 * D es UCAC4-729-094 722 * mV 14,78 * 2 noches	
23111+4426	J 858	A es TYC 3229-2587-1 / UCAC4-673-121 158 * mV 10,60 * B ?	
23108+6315	MLB 181	A es TYC 4283-336-1 / UCAC4-766-071 428 * B es TYC 4283-336-2 / UCAC4-766-071 427	
23127+1923	J 3353	A es UCAC4-547-143 164 * mV 11,21 * B es UCAC4-547-143 165 * mV 11,21	
23148+2447	J 624	A es TYC 2240-565-1 / UCAC4-574-131 610 * B es UCAC4-574-131 611 * mV 11,81 * Surface + CA	
23179-0144	HJ 3183 BC	A es UCAC4-442-128 961 * mV 12,96 * B es UCAC4-442-128 962 * mV 13,20 * mp+17 +19	
23165-0135	HDO 317	A es UCAC4-442-128 954 * mV 13,19 * B es UCAC4-442-128 952 * mV 13,98 * Segunda medida	
23198+5543	HJ 1868	A es TYC 4002-1165-1 / UCAC4-729-098 010 * mV 9,87 * B es UCAC4-729-098 001 * mV 12,17 * B-V 0,46 * mp -4 -5	
23198+5543	FYM 335 BC	B es UCAC4-729-098 001 * mV 12,17 * B-V 0,46 * C es UCAC4-729-097 997 * mV 15,36	
23220+6317	STI 1170	A es UCAC4-767-070 289 * mV 12,68 * B es UCAC4-767-070 293 * mV 12,96	
23220+6317	FYM 321 AC	A es UCAC4-767-070 289 * C es UCAC4-767-070 287 * mV 14,83 * mp -3 +0	
23225+2316	TDT 4004	A es TYC 2237-900-1 / UCAC4-567-128 689 * B es TYC 2237-900-2 / UCAC4-567-128 688 * mV 10,13	
23262+4230	BKO 679	A es UCAC4-663-118 279 * mV 13,46 * B es UCAC4-663-118 278 * mV 13,91 * Medida con Speckle	
23322+3556	J 3304	A es UCAC4-630-132725	
00175+0019	STF 23 AB	A es HIP 1397 / UCAC4-452-000 390 * mV 8,67 * F8 * B es UCAC4-452-000 389 * mV 8,72	

TABLA 6. NOTAS COMPLEMENTARIAS A LOS NUEVOS PARES FYM ORDENADOS POR ASCENSIÓN RECTA.

ID. FYM	ID. WDS	DOBLE CITADA EN WDS **	COMPONENTE QUE SE AÑADE	MPRA -1	MPDEC-1	AR / DEC (J2000) (DEL CATÁLOGO UCAC4)
				MPRA -2	MPDEC-2	
FYM 346 AF	00324+5820	BU 1227 AB	F	7	-27 Tyc	A es HIP 2543 * F no encontrada
FYM 345 BC	00332+5822	STI 1375	C	9	-2 Tyc	B es UCAC4-742-005 252 * C es UCAC4-742-005 247 * mV 15,74
FYM 240 BD	13451+1822	STF 1782	D	-16 0	29 0	B es UCAC4-542-053204 * D es UCAC4-542-053 202 mV 14,8 * B-V 0 * Segunda noche en binning 2x
FYM 243 AC	14597+0442	BRT 2159	C	26 0	+24 0	A es TYC 330-1719-1 / UCAC4-474-052385 * C es UCAC4-474-052 383 * mV 14,54
FYM 242 AC	15031+0421	BAL 2866	C	11 -26	-2 22	A es TYC 342-947-1 / UCAC4-472-050972 * C es UCAC4-472-050974 mV 13,66
FYM 246 AC	17378+2257	AG 210	C	-153 0	-143 0	A es HIP 86282 * C es UCAC4-565-059579 mV 14,12
FYM 239 AC	17395+2429	DOO 68 AB	C	-19 -32	-6 28	A es UCAC4-573-060741 * C es UCAC4-573-060 739 * mV 14,83
FYM 245 AC	17401+2914	STF 2192	C	13 -2	-72 -5	A es HIP 86471 * C es UCAC4-597-057769 * mV 13,22 * B-V 1,53
FYM 238 AC	17480+0249	BAL1943	C	-8 2	-3 7	A es UCAC4-465-087140 * C es UCAC4-465-067 144 * mV 12,85 * B-V 0,69
FYM 266 AC	18121+2448	POU 3358	C	-8 -16	9 -2	A es TYC 2096-781-1 * C es UCAC4-575-062 599 * mV 15,29 * B-V 0,00
FYM 267 AC	18127+2424	SLE 142	C	-125 0	-36 0	A es HIP 89247 * C es UCAC4-572-064041 * mV 15,44 B-V 0,00

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 6. NOTAS COMPLEMENTARIAS A LOS NUEVOS PARES FYM ORDENADOS POR ASCENSIÓN RECTA (CONT.).

ID. FYM	ID. WDS	DOBLE CITADA EN WDS **	COMPONENTE QUE SE AÑADE	MPRA -1 MPRA -2	MPDEC-1 MPDEC-2	AR / DEC (J2000) (DEL CATÁLOGO UCAC4)
FYM 254 AC	18425-0807	BRT 483	C	-2 0	-18 0	A es UCAC4-410-085 264 * C es UCAC4-410-085 273 * mV 13,98 * B-V 0,00
FYM 269 AC	18510-1958	ARA 1162	C	-2 1	0 -15	A es UCAC4-351-160 016 * mV 11,42 * C es UCAC4-351-160 017 ? * mV 14,27
FYM 269 AD	18510-1958	ARA 1162	D	2 -6	0 -11	A es UCAC4-351-160 016 * mV 11,42 * D es UCAC4-351-160 014 * mV 14,69 * En ciel.exe A está mal situada
FYM 257 AC	18573+2502	POU 3612 AB	C	-1 2	-11 14	A es UCAC4-576-072692 * mV 13,94 * C es UCAC4-576-072 686 * mV 15,56
FYM 257 AD	18573+2502	POU 3612 AB	D	-1 -3	-11 -5	A es UCAC4-576-072692 * mV 13,94 * D es UCAC4-576-072685 * mV 15,08*
FYM 273 BC	19248+0235	BAL 1984	C	2 -13	4 -23	B es UCAC4-463-100 960 * mV 12,64 * C es UCAC4-463-100 956 * mV 15,10 * Tercera medida * B-V 1,63
FYM 293 AD	19352+0825	VSY 9 AB	D	-41 0	-48 0	A es HIP 96339 * D es UCAC4-493-115 005 * mV 14,99
FYM 290 AE	19371+0819	GUI 26 AD	E	-10 0	-6 0	A es TYC 1056-2764-1 * E es UCAC4-492-114 544 * mV 15,74
FYM 290 CF	19371+0819	GUI 26 AD	F	2 0	0 0	C es TYC 1056-2764-2 * F es UCAC4-492-114 527 * mV 13,71
FYM 290 AG	19371+0819	GUI 26 AD	G	-10 0	-6 0	A es TYC 1056-2764-1 * G es UCAC4-492-114 357 * mV 14,03 +
FYM 298 AC	19427-0033	J 2555	C	-10 -92	-8 57	A es UCAC4-448-118 964 * mV 13,44 * C es UCAC4-448-118 961 * mV 15,77
FYM 276 AC	19427-0033	J 3004	C	6 0	-2 -14	A es TYC 488-1731-1 / UCAC4-477-106 890 * C es UCAC4-447-106 889 * mV 13,99 * B-V 0,00
FYM 276 AD	19469+0514	J 3004	D	6 0	-2 0	A es TYC 488-1731-1 / UCAC4-477-106 890 * D es UCAC4-447-106 897 * mV 15,94
FYM 277 AC	19486+1844	J 3011 AB	C	7 0	2 0	A es TYC 1619-855-1 / UCAC4-544-105 587 * C es UCAC4-544-105 573 * mV 14,90
FYM 277 AD	19486+1844	J 3011 AB	D	6 0	2 0	A es TYC 1619-855-1 / UCAC4-544-105 587 * D es UCAC4-544-105 570 * mV 15,44
FYM 277 BE	19486+1844	J 3011 AB	E	-1 0	-4 0	B es UCAC4-544-105 584 * mV 11,00 * E es UCAC4-544-105 566 * mV 15,53
FYM 277 CD	19486+1844	J 3011 AB	D	0 6	0 2	C es UCAC4-544-105 573 * mV 14,90 * D es UCAC4-544-105 570 * mV 15,44
FYM 274 AC	19524+0853	BRT 2611	C	-15 0	72 0	A es TYC 1058-2140-1 / UCAC4-495-119 210 * C es UCAC4-495-119 209 * mV 14,55
FYM 311 AC	19558+3019	BRT 272	C	-14 0	-8 0	A es UCAC4-602-098 278 * C es UCAC4-602-098 274 * mV 14,57
FYM 301 AC	19591+1437	J 3218	C	-3 0	-10 0	A es TYC 1083-1247-1 * C es UCAC4-523-123 700 * mV 15,36
FYM 279 AC	20047+1751	SLE 680	C	-3 0	-15 0	A es TYC 1621-1778-1 / UCAC4-540-121 993 * mV 11,68 * C es UCAC4-540-121 992 * mV 15,25
FYM 258 AD	20253+4355	A 291 AC	D	5 0	8 0	A es TYC 3164-785-1 / UCAC4-670-087558 * D es UCAC4-670-087552 * mV 15,54
FYM 258 AE	20253+4355	A 291 AC	E	5 -	8 -	A es TYC 3164-785-1 / UCAC4-670-087558 * E no encontrada en UC4 ? delta mV = 5 con REDUC
FYM 327 AC	20404+3758	SEI 1212	C	-3 0	-64 0	A es UCAC4-640-094 221 * C es UCAC4-640-094 223 * mV 14,90
FYM 323 AC	20432+3749	ES 2122	C	-2 0	-2 0	A es TYC 3166-1486-1 / UCAC4-640-094 642 * mV 11,01 * C es UCAC4-640-094 646 * mV 16,21
FYM 322 AD	20434+4501	ES 668 AC	D	-4 0	-12 0	A es UCAC4-676-087374 * C es UCAC4-676-087 373 * mV 15,05
FYM 314 AC	20508+4628	BRT 2276	C	92 0	20 0	A es TYC 3575-25-1 / UCAC4-683-089 747 * mV 10,49 * C es UCAC4-683-089 755 * mV 15,50

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 6. NOTAS COMPLEMENTARIAS A LOS NUEVOS PARES FYM ORDENADOS POR ASCENSIÓN RECTA (CONT.).

ID. FYM	ID. WDS	DOBLE CITADA EN WDS **	COMPONENTE QUE SE AÑADE	MPRA -1 MPRA -2	MPDEC-1 MPDEC-2	AR / DEC (J2000) (DEL CATÁLOGO UCAC4)
FYM 314 AD	20508+4628	BRT 2276	D	92	20	A es TYC 3575-25-1 / UCAC4-683-089 747 * D es UCAC4-683-089 771 ? * mV 16,36
FYM 289 AD	21105+2227	SHY 793 BC	D	23 0	-13 0	A es HIP 104539 / UCAC4-563-127 866 * mV 6,67 * D es UCAC4-563-127 870 * mV 15,1
FYM 291 BC	21117+2220	BRT 2492	C	9 0	-1 0	B es UCAC4-562-128 192 * mV 10,84 * C es UCAC4-562-128 189 * mV 14,57
FYM 330 AD	21254+1121	A 887 AC	D	-1 0	-21 0	A es HIP 105 784 / UCAC4-507-139 376 * F8 * D es UCAC4-507-139 379 * mV 14,88
FYM 330 AE	21254+1121	A 887 AC	E	-1 0	-21 0	A es HIP 105 784 / UCAC4-507-139 376 * E es UCAC4-507-139 377 * mV 15,75
FYM 288 AC	21286+2211	BRT 2496	C	-11 0	-6 0	A es UCAC4-561-133940 * C es UCAC4-561-133 941 * mV 14,50
FYM 336 AC	21306+4213	STT 441	C	0 35	-9 -72	A es UCAC4-662-097 355 * C es UCAC4-662-097 358 * mV 14,93 * B-V 0,0
FYM 336 AD	21306+4213	STT 441	D	0 0	-9 0	A es UCAC4-662-097 355 * D es UCAC4-662-097 349 * mV 14,73 * B-V 1,03
FYM 294 AC	22018+4918	BKO 906	C	-6 20	-1 -2	A es UCAC4-697-103 682 * C es UCAC4-697-103 694 * mV 15,41
FYM 337 AC	22057+5520	STI 2614	C	-18	6	A es UCAC4-727-079 454 * mV 11,83 * C ?
FYM 337 BD	22057+5520	STI 2614	D	17 0	3 0	B es UCAC4-727-079 457 * mV 12,10 * D es UCAC4-727-079 466 * mV 15,84
FYM 295 AC	22078+3737	HDS 3142	C	87 0	-157 0	A es HIP 109237 / UCAC4-639-111 869 * C es UCAC4-639-111 868 * mV 13,59
FYM 324 AC	22415+3256	J 2376	C	38 -28	116 -2	A es TYC 2740-492-1 / UCAC4-615-131 125 * mV 11,24 * C es UCAC4-615-131 122 * mV 15,12 *
FYM 306 BD	23048+5542	STI 2933	D	0 1	-2 7	B es UCAC4-729-094 729 * mV 12,42 * D es UCAC4-729-094 722 * mV 14,78 *
FYM 335 BC	23198+5543	HJ 1868	C	-4 0	-5 0	B es UCAC4-729-098 001 * mV 12,17 * B-V 0,46 * C es UCAC4-729-097 997 * mV 15,36
FYM 321 AC	23220+6317	STI 1170	C	-4 -3	-4 0	A es UCAC4-767-070 289 * C es UCAC4-767-070 287 * mV 14,83
FYM 236 AB	No cat	No en WDS	AB	0 -2	-4 6	A es UCAC4-669-058 548 * B es UCAC4-669-058 550 * mV 12,96 * 2 noches
FYM 236 BC	No cat	No en WDS	C	-2 3	6 -12	B es UCAC4-669-058550 * C es UCAC4-669-058 551 * mV 15,17 * B-V 0,68
FYM 261 AB	No cat	No en WDS	AB	0 0	-6 200	A es TYC 1029-3952-1 / UC4-499-090 209 * mV 10,95 * * B es UCAC4-499-090 207 * mV 12,72 * B-V 1,71
FYM 261 AC	No cat	No en WDS	C	0 0	-6 0	A es TYC 1029-3952-1 / UCAC4-499-090 209 V10,95 * C es UCAC4-499-020202 * mV 12,74
FYM 261 BC	No cat	No en WDS		0 0	200 0	B es UCAC4-499-090 207 * mV 12,72 * C es UCAC4-499-090202 * mV 12,74
FYM 261 BD	No cat	No en WDS	D	0 1	200 -22	B es UCAC4-499-020207 * mV 12,72 * D es UCAC4-499-020217 * mV 13,89
FYM 370	No cat	No en WDS	AB	1 -53	1 28	A es TYC 1042-1199-1 / UCAC4-497-101637 * B es UCAC4-497-101 630 * mV 14,58 * B-V 0,00
FYM 300	No cat	No en WDS	AB	0 -19	0 -1	A es UCAC4-497-111 984 - mV 12,43 * B es UCAC4-497-111 983 * mV 13,13 * B-V 1,86 * Está a 53 " y 340° de J 2988
FYM 281	No cat	No en WDS	AB	22 21	-1 -9	A es TYC 4266-398-1 / UCAC4-763-063319 * B es UCAC4-763-063317 * mV 12,18
FYM 296	No cat	No en WDS	AB	-6 -9	-2 -10	A es UCAC4-641-118 549 * mV 11,90 * B es UCAC4-641-118 541 * mV 13,40

** La columna «Doble citada en WDS » es la última doble (o la única doble) de ese sistema.

Notas : las coordenadas de los nuevos pares FYM se dan para el equinoccio J2000. En la columna mpDE (o mpRA) la abreviatura «Tyc » indica que los movimientos propios del son catálogo TYCHO; en los demás casos sin anotaciones proceden del catálogo UCAC4. Se expresan en mas/año.

Medidas de posición relativa de estrellas dobles con CCD

Measurements of relative positions of Double Stars with a CCD Camera

Isabel Irazu Paz

■ Correo-e: isabel.irazupaz@gmail.com

Se realizaron medidas de las posiciones relativas correspondientes a 22 estrellas dobles durante tres meses en el año 2015. El programa de observación se elaboró a partir de estrellas del catálogo *The Washington Double Star Catalog (WDS)*. Las separaciones angulares de las estrellas están comprendidas entre 6,5 y 58,8 segundos de arco, y las magnitudes entre 6,6 y 12,0.

Relative positions of 22 double stars were measured for three months in 2015. The observation program, was developed using stars included in *The Washington Double Star Catalog (WDS)*. The angular separation range spanning from 6.5 to 58.8 arcseconds, and visual magnitudes from 6.6 to 12.0.

Introducción

ATENDIENDO A UNA DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN más tradicionales del Observatorio Astronómico Ramón María Aller (OARMA) [1] de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), como es el estudio de las estrellas dobles y múltiples, la presente publicación es el resultado de una parte de mi Trabajo Fin de Grado (TFG) de la titulación de Matemáticas en dicha universidad.

El OARMA (figura A) fue fundado en 1943 por el Dr. D. Ramón María Aller Ulloa, transformándose en la continuación del observatorio particular que

este sacerdote poseía en Lalín (Pontevedra). Fue el propio padre Aller quien introdujo las estrellas binarias como tema de estudio en España. Actualmente el personal investigador del Observatorio pertenece a la *Comisión G1 “Sistemas estelares dobles y múltiples”* de la Unión Astronómica Internacional; y la Circular de Información asociada a esta comisión se publica también en este centro.

El Observatorio está ubicado en el Campus Vida (Sur) de la USC, dedicándose a la investigación, la docencia y a la extensión cultural. En dicha institución el alumnado de distintas facultades de la USC realiza las prácticas asociadas a las asignaturas del área de Astronomía y Astrofísica. Entre los espacios de los que dispone el edificio caben destacar sus dos cúpulas, orientadas en sentido este y oeste.

Como alumna de la Facultad de Matemáticas y para realizar el trabajo de campo de mi TFG, en lo que se refiere a las medidas de posición relativa de 22 estrellas dobles, hice uso del telescopio CELESTRON 14 situado en la cúpula este (figura B). Las imágenes las obtuve mediante una cámara CCD ST 2000XM, a través del programa *CCDOps* [2]. Para su tratamiento posterior usé *MaxIm DL Pro V5* [3] y para la obtención de las medidas relativas



Figura A. Las dos cúpulas del Observatorio Astronómico Ramón María Aller (OARMA). Crédito imagen: Francisco José Fernández Gómez (www.aristarco.org).

de las estrellas dobles el software *Reduc 4.7* [4], cedido gratuitamente por Florent Losse.

Datos técnicos del instrumental utilizado

— Telescopio Celestron 14 situado en la cúpula Este del OARMA.

Abertura	350 mm
Alcance de luz	2,580 x
Diseño óptico	Schmidt-Cassegrain catadióptrico
Relación focal	f/11
Longitud focal	3910 mm
Diámetro del objetivo	361,9 mm
Máximo aumento útil	840 x
Mínimo aumento útil	50 x
Resolución: Límite de Dawes	0,3 segundos de arco
Magnitud límite visual	m=15
Obstrucción central	114,3 mm
Lente correctora	Esférica curva en el exterior, plana en el interior
Espesor de la lente correctora	6,4 mm
Tipo de montura	Ecuatorial de horquilla
Dimensiones de la horquilla	Altura: 94 cm, Ancho: 59,7 cm, Altura brazo: 77 cm
Dimensiones del tubo óptico	Ancho: 40,6 cm, Longitud: 76 cm, Peso=23 kg
Material de tubo	Aluminio
Diámetro del círculo de declinación	152,4 mm
Diámetro del círculo de ascensión recta	241,3 mm
ESPEJO PRIMARIO	
Figura	Esférica
Diámetro	361,95 mm
f/proporción	f/2,14
Radio de curvatura	1524 mm
Material	Recocido fino de Pyrex
ESPEJO SECUNDARIO	
Figura	Esférica
Diámetro	88,9 mm
Radio de curvatura	447,04 mm
Material	Recocido fino de Pyrex
Amplificación de proporción	5,14

— Cámara CCD ST2000 XM.

Tamaño píxel	7,4x7,4 micras ²
Matriz píxeles	1600x1200
Campo de visión máximo en el telescopio	10,41x7,41 minutos de arco
Rango tiempo de exposición	0,001 a 3600 segundos
Dimensiones	12,5 cm de diámetro; 7,5 cm de espesor
Peso	0,9 kg



Figura B. Telescopio con el que se realizaron las observaciones: se trata de un Celestron 14 y está ubicado en la cúpula este del OARMA. Crédito imagen: Francisco José Fernández Gómez (www.aristarco.org).

Obtención de imágenes

La situación geográfica del OARMA (Latitud = +42°52'31"8; Longitud = -0^h34^m14^s26; Altitud = 240 m), su entorno y condiciones del cielo, obliga a elegir estrellas dobles con declinación comprendida entre -10° y 45°, diferencia de magnitud menor o igual a dos para no saturar las imágenes, y separación angular mayor o igual que 6" para conseguir desdoblarlas.

Por ello, el programa de observación lo elaboré seleccionando estrellas dobles del catálogo *The Washington Double Star Catalog (WDS)* [5] que cumplieran dichas condiciones. Las estrellas de calibración las escogí de la lista compilada por Florence Mauroy, Pascal Mauroy y Guy Morlet, miembros de la Comisión de Estrellas Dobles de la Sociedad Astronómica de Francia (SAF) [6].

Las imágenes se realizaron con el programa *CCDOps*, en series de diferentes tiempos de exposición que varían desde 0,01 a 1,9 segundos, con una media de 15 a 20 imágenes para la suma posterior. Para minimizar el ruido térmico enfrié la cámara a una temperatura de unos 30° C por debajo de la temperatura ambiente.

Tratamiento de imágenes

Con el fin de obtener una imagen mejorada a partir de las series de fotografías tomadas en bruto, utilicé el programa *MaxIm DL* de acuerdo a los siguientes pasos:

- Seleccioné las opciones de *Auto Star Matching* o *Manual 1(o 2) Star*, dependiendo del número de imágenes tomadas para cada par. En el primer caso la búsqueda de la estrella más brillante es automática. En el segundo las estrellas se eligen manual-

FECHA	INCLINACIÓN (°)	ESCALA DE PLACA ("PÍXEL)
9/02/2015	-298,72	0,38062
16/03/2015	55,98	0,39289
12/04/2015	51,6	0,39556

Tabla 1. Escala de placa y orientación de cámara.

mente.

- La suma de imágenes la obtuve mediante los comandos *Sum* (las sumas se hacen directamente) o *Medium* (refuerza lo común en cada una).

El resultado de la suma de imágenes fue tratado de manera particular, en cada par, abriendo la ventana de *Screen Stretch Window* para ajustar tanto el nivel de oscuridad como el de brillo.

Si aun así la imagen no quedaba lo suficientemente nítida, usé la opción *Histogram*, que proporciona las siguientes alternativas: *Logaritmo*, *Exponencial*, *Uniforme*, cada una de las cuales ajusta los niveles de brillo y oscuridad en base a la función de distribución correspondiente.

Además *MaxIm DL* permite realizar cambios de formato en las imágenes FIT obtenidas y procesadas; en esta ocasión utilicé el formato jpeg.

Reducción de medidas

Realizada la suma de imágenes y obtenida la imagen final, procedemos a la medida de las estrellas dobles usando el programa *Reduc 4.7*.

El proceso comienza con el calibrado utilizando las estrellas de referencia o calibración gracias a la opción que posee *Reduc* para ello. De esta manera se obtienen los valores de la inclinación de la cámara con respecto a los puntos cardinales celestes (en grados) y la escala de placa ("píxel), los cuales se muestran en la tabla 1 para cada sesión de observación.

Los resultados de las medidas se presentan en la tabla 2, donde en cada columna se recogen los datos siguientes:

- Columna 1: Identificación en el catálogo WDS.
- Columna 2: Nombre (atendiendo a la designación de su descubridor).
- Columna 3: Época de observación (año decimal besseliano).
- Columna 4: Magnitudes (WDS).
- Columna 5: Tipo espectral (WDS, cuando lo proporciona).
- Columna 6: Tiempo de exposición en segundos (de las imágenes tomadas con CCD).
- Columna 7: Diferencia de magnitudes (obtenida con *Reduc 4.7*).
- Columna 8: Ángulo de posición (Theta) (obtenido

con *Reduc 4.7*).

- Columna 9: Separación angular (Rho) (obtenida con *Reduc 4.7*)
- Columna 10: Número de la figura correspondiente.

Imágenes

Finalmente, se muestran las figuras indicadas en la última columna de la tabla 2. Las fotos están orientadas con el norte hacia arriba y el este hacia la izquierda. Se identifica tanto la componente principal (A) como la secundaria (B). La escala viene indicada por un segmento, en segundos de arco, situado en el margen inferior derecho. Aparecen en la tabla 3 (página siguiente).

Agradecimientos

En primer lugar, a mi directora del TFG, la profesora Josefina F. Ling, por haberme introducido en el apasionante mundo de la astronomía, gracias a la asignatura "Introducción a la Astronomía" del Grado en Matemáticas y a la elaboración de mi Trabajo de Fin de Grado titulado: "Fotografía astronómica con CCD".

En segundo lugar, al OARMA, que me proporcionó el instrumental astronómico necesario para el desarrollo de la campaña observacional de los sistemas presentados.

También debo mencionar, cómo no, a Florent Losse, quien me ayudó a resolver pequeñas dudas a la hora de trabajar con su programa *Reduc*; y también a Edgardo Rubén Masa, editor de esta revista, que me ha dado la oportunidad de publicar mis resultados. ☺

Referencias

- [1] Observatorio Astronómico Ramón María Aller (OARMA): <http://www.usc.es/astro/>
- [2] *CCDOps*: <http://www.sbig.com/support/software/>
- [3] *MaxIm DL*: <http://www.astromur.es/index.php/manuals/84-manuales/78-maxim-d1>
- [4] *Reduc*: <http://astrosurf.com/hfosaf/>
- [5] *Washington Double Star Catalog (WDS)* y actualizaciones electrónicas mantenidas por el USNO: <http://ad.usno.navy.mil/wds/>
- [6] <http://saf.etoiledoubles.free.fr/documents/COUPLES%20ETALONS%20Guy%20-%20Pasca1.pdf>

TABLA 2. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

ID. WDS	DESIGN.	ÉPOCA	MAGNITUDES	ESP.	T. EXP. (s)	D. M.	THETA (°)	RHO (")	FIG.
05006+0337	STF 627AB	2015,109	6,6-6,9	B9	0,01 a 0,02	0,71	260,03	21,39	1
05297+3327	S 484	2015,109	8,6-8,7	G0	0,1 a 0,25	0,29	170,62	58,81	2
05358-0059	STF 751	2015,109	8-9	B8	0,04 a 0,1	1,29	123,51	15,39	3
06034+2738	STF 830AB	2015,109	8,9-9,6	F2	0,1 a 0,2	0,9	262,67	11,47	4
06045+1105	GRV 708	2015,109	11-11,2		0,2 a 0,5	0,32	192,40	32,37	5
06046+3014	STF 834	2015,109	8,6-9,4	A	0,1 a 0,25	0,92	310,07	22,83	6
06049+2352	POU 901AB	2015,109	11,8-11,9		0,5 a 1,2	0,04	352,55	13,68	7
06072+1334	GRV 712	2015,109	10,6-11		0,25 a 0,5	0,44	160,01	37,96	8
06209+3612	ALI 321	2015,205	11,8-12		0,9 a 1,1	0,44	11,72	8,61	9
06224+2640	STF 897	2015,109	8,9-9	A0	0,07 a 0,12	0,22	349,01	18,11	10
06311+2143	WEI 12	2015,205	8,6-8,7	F0	0,3 a 0,6	0,02	66,13	8,62	11
06359-0927	HJ 734	2015,205	9,8-9,8	B9	0,15 a 0,4	0,06	32,96	7,89	12
07082+0323	HJ 2362	2015,109	8,9-9,5	A	0,15 a 0,25	0,47	189,10	28,45	13
07085+2459	STF1023	2015,109	8,9-9,4	K5	0,1 a 0,2	0,39	105,40	24,29	14
07120+2217	STF1035	2015,109	8,1-8,4	F7	0,05 a 0,08	0,33	41,25	8,95	15
07228+0730	XMI 58	2015,109	8,3-8,7	K0	0,1 a 0,2	0,28	67,53	25,35	16
08499+1450	STF1283	2015,205	7,8-8,9	F0	0,2 a 0,45	0,93	123,01	16,53	17
09058+3325	GRV 777	2015,279	11,2-11,8		0,6 a 0,9	0,43	261,51	7,03	18
09312+6732	STF1349	2015,279	7,6-9,1	A3	0,2 a 0,7	1,36	166,14	19,23	19
10180-0242	BAL 208	2015,279	9,8-10,3	F8	0,2 a 0,4	0,84	1,05	6,48	20
10287+2944	SMA 74	2015,279	11,1-11,3	G4	0,3 a 0,6	0,03	211,67	6,78	21
10355+0406	BAL2842	2015,279	10,8-11,5		1,1 a 1,9	0,75	244,56	7,36	22

TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE IMÁGENES.



Figura 1. STF 627AB.



Figura 2. S 484.



Figura 3. STF 751.



Figura 4. STF 830AB.

TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE IMÁGENES (CONT.).



Figura 5. GRV 708.



Figura 6. STF834.



Figura 7. POU 901AB.



Figura 8. GRV 712.

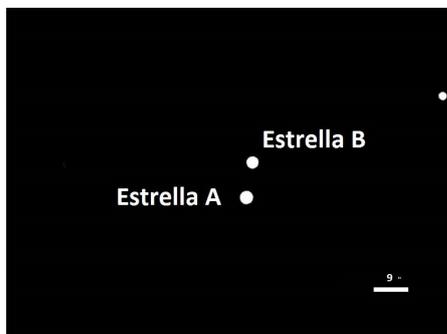


Figura 9. ALI 321.



Figura 10. STF 897.



Figura 11. WEI 12.



Figura 12. HJ 734.

TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE IMÁGENES (CONT.).

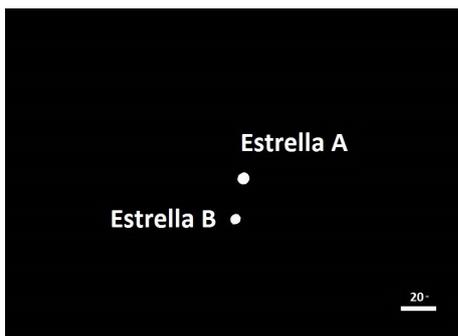


Figura 13. HJ 2362.

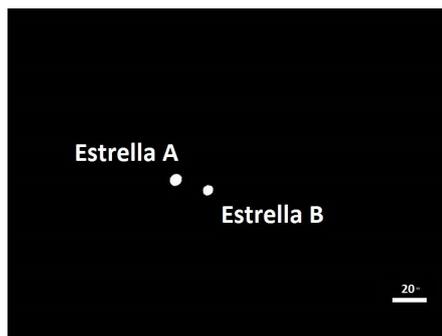


Figura 14. STF1023.



Figura 15. STF1035.



Figura 16. XMI 58.



Figura 17. STF1283.



Figura 18. GRV 777.

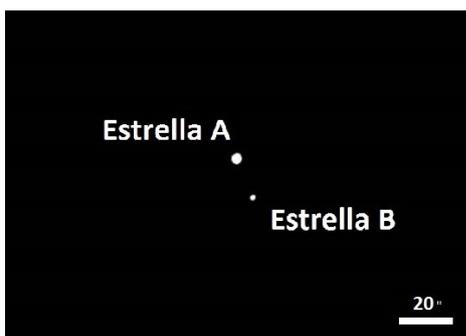


Figura 19. STF 1349.



Figura 20. BAL 208.

TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE IMÁGENES (CONT.).

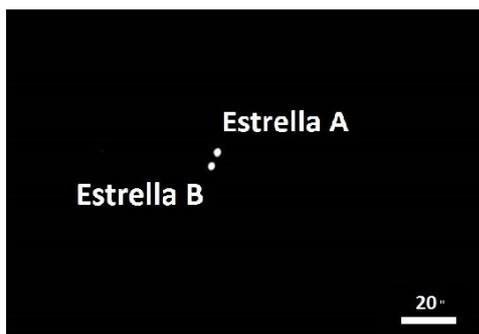


Figura 21. SMA 74.



Figura 22. BAL2842.



Nota de la redacción

Isabel IRAZU PAZ es estudiante de Grado en Matemáticas en la Universidad de Santiago de Compostela (USC). En la actualidad está trabajando en su Trabajo de Fin de Grado (TFG) sobre fotografía astronómica con CCD, y del cual, este artículo, es un breve extracto. A la par, cursa un Máster en Técnicas Estadísticas en la misma Facultad de Matemáticas de la USC.

Comprometida con la ecología y el medio natural, ha realizado varios cursos sobre medio ambiente específico de la Comunidad Gallega, así como de contaminación lumínica. Simultáneamente, compagina la docencia como profesora particular de matemáticas con actividades divulgativas relacionadas con los temas que acabamos de mencionar.

Como ocurre en un elevado porcentaje de casos, la autora ratifica el hecho de que astronomía y música suelen ir frecuentemente de la mano: Isabel Irazu es Grado Elemental de Piano.

Revisión del sistema HLM 43

Review of the system HLM 43

Miguel Gómez Garrido, Mario Gómez Gutiérrez, Sorin Constantin Volocaru,
Raúl Alejandro Rodríguez Sánchez y Gregorio Rosa Palacios

- Instituto de Educación Secundaria Juan Gris, Móstoles, Madrid, España
- Correo-e: gregorio.rosa@educa.madrid.org

Este trabajo tiene un objetivo principalmente educativo y se desarrolla en un Instituto de Educación Secundaria. Tiene dos partes: El desarrollo de técnicas de espectroscopía estelar para su uso en el Instituto y una revisión del sistema doble HLM 43 comenzando con las técnicas desarrolladas en la primera parte y completándolo con simulaciones y datos procedentes de diferentes bases de datos.

This work has a primarily educational purpose and it has been carried on a Secondary School. It has two parts: The development of stellar spectroscopy techniques for use in the School and a review of the system HLM 43 starting with the techniques developed in the first part and supplementing it with simulations and data from different databases.

Introducción

EN EL NÚMERO 6 de *El Observador de Estrellas Dobles* [1] se presentó un estudio sobre un sistema doble que tan solo tenía una entrada previa en el catálogo WDS, HLM 43 (HIP 118276, BD +56 3127). Este trabajo se realizó en el marco de un Instituto de Educación Secundaria dentro de un programa llamado Investigación en el Bachillerato para iniciar a los alumnos en la metodología de investigación.

El grupo de Astronomía del Instituto ha continuado trabajando estos años en este sistema y en el artículo que aquí se presenta, se extraen nuevas conclusiones. Es importante señalar que el principal objetivo de este artículo, como el anterior, es educativo, aunque eso no quita rigor a los métodos utilizados. Más bien al contrario, en algunos casos se hace especial hincapié en los procedimientos más que en los resultados.

En el artículo original se indicaba que el Centro de Masas del Sistema estaba mucho más cerca de la componente B que de la A, por lo que se sugería que la componente B debería ser más masiva. En este artículo se aportan evidencias que confirman que se trata de una estrella de Carbono, un tipo de gigantes rojas con alto contenido de C en su atmósfera.

1. Identificación de la estrella.

HLM43 es el nombre propio utilizado en el catálogo WDS para su identificación. Tal vez sea más útil su denominación en otros catálogos más usuales:

- BD+56 3127B
- CGCS 5971
- WDS J23595+5740B

Esta no es una estrella totalmente desconocida y se pueden encontrar siete referencias [2], todas ellas relacionadas con su carácter de estrella de Carbono. Además, Gómez M. y Rosa G. aportan en otra publicación amateur información diversa relativa a esta estrella. En este artículo se hace un repaso a algunos de estos materiales recopilados y se aporta un espectro del sistema obtenidos por el Grupo de Astronomía del I.E.S. Juan Gris de Móstoles (Madrid).

2. Comparativa de bandas.

En este apartado se aborda una comparación cualitativa de imágenes descargadas con el fin de estimar el tipo espectral de una estrella. Para ello hay que tener en cuenta que las estrellas más frías emiten más radiación en el infrarrojo, mientras que las más calientes tienen sus máximos de emisión en las longitudes de onda más cortas del visible e incluso en el ultravioleta. Cada banda es una región bastante estrecha del espectro electromagnético centrada en un valor de una longitud de onda. Las principales bandas utilizadas son las que se pueden ver en la tabla 1.

A su vez en el visible (V) se pueden seleccionar tres bandas diferentes: azul, verde y rojo (B, G, R).

En la base de datos astronómica del Centro de Datos de Estrasburgo (disponible en <http://cdsweb.u-strasbg.fr>) se pueden encontrar imágenes de todas las regiones del cielo tomadas tanto por las distintas

Banda	V	J	H	K	WISE 1	WISE 2	WISE 3	WISE 4
λ (μm)	0,55	1,24	1,66	2,16	3,35	4,68	11,56	22,09

Tabla 1. Longitud de onda en las que están centradas las distintas bandas de emisión [3].

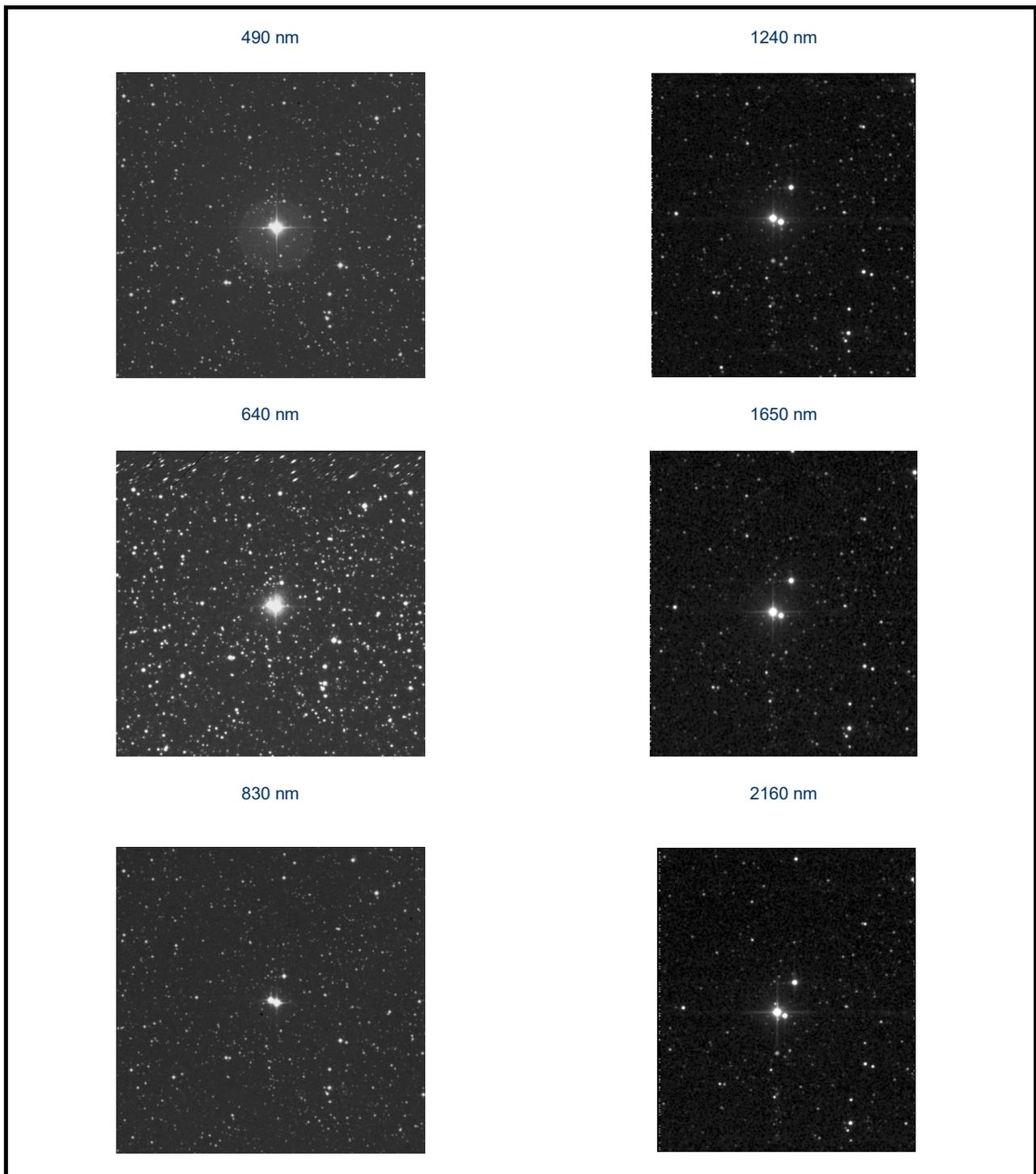


Figura 1. Fotografías del sistema HLM 43. Todas las imágenes se han descargado del portal del CDS. Las tres primeras se han obtenido del DSS y las tres longitudes de onda más altas provienen del 2MASS.

misiones espaciales como por telescopios terrestres. Existen diversos catálogos de los que se pueden obtener imágenes. Los más útiles para esta sección son:

- DSS (Digital Sky Survey) con imágenes en el óptico.
- 2MASS (Two Micron All Sky Survey). Provee imágenes en el infrarrojo cercano.

A continuación se ofrece una secuencia de imágenes obtenidas en distintas bandas de emisión (figura 1).

Al comparar las imágenes obtenidas en la banda visual podemos observar una clara diferencia de brillo entre la componente A y B, siendo A más brillante en las longitudes de onda cortas. Realmente, la componente A emite mucha más energía que la B en el visible y como tal se reflejó en los catálogos de estrellas dobles.

A medida que nos desplazamos hacia la banda infrarroja, la segunda componente aumenta en brillo y disminuye en magnitud. Ya en el infrarrojo cercano se

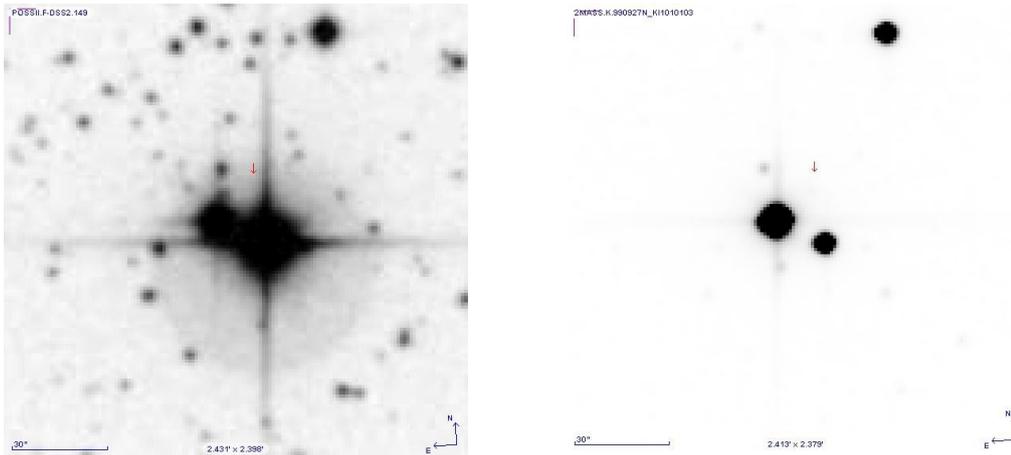


Figura 2. Ampliación del sistema HLM 43. A la izquierda, placa en la banda V (óptico). A la derecha, en la banda K. Se muestra el negativo para mejorar el contraste. Ambas imágenes se han obtenido en la web del Centro de datos de Estrasburgo. Disponible en <http://cds.u-strasbg.fr/>.

Banda	V	J	H	K	WISE 1	WISE 2	WISE 3	WISE 4
Mag.	11,2	6,607	4,912	4,289	3,731	3,184	3,157	2,981

Tabla 2. Magnitud de HLM 43 en distintas bandas.

	U	B	V	R	I	J	H	K
La Superba	14,03	7,41	4,87	3,12	1,74	0,75	-0,23	-0,81
UU Aurigae	-	7,89	5,25	3,31	1,90	1,07	-0,01	-0,44
X Cancri	-	9,63	6,40	4,29	2,90	2,01	0,88	0,25
Y Tauri	15,71	9,90	6,90	4,69	3,19	2,05	0,81	0,27
W Orionis	16,36	9,52	6,10	3,83	2,35	1,34	0,35	-0,28
U Antliae	15,32	8,22	5,38	3,18	1,86	1,28	0,08	-0,51

Tabla 3. Datos de magnitudes de varias estrellas en distintas bandas. Disponibles en: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fbasic>

puede apreciar que el brillo de ambas componentes es equiparable y según nos adentramos en mayores longitudes de onda en el infrarrojo, la componente B adquiere más y más brillo

Esta secuencia sugiere que la componente B es una estrella muy fría, con su máximo de emisión en el infrarrojo, bastante alejando del visible. Probablemente por debajo de los 3000 K. Estas estrellas tan frías son generalmente gigantes rojas muy masivas, pertenecientes al grupo de estrellas de carbono, por lo que la posibilidad sugerida en el trabajo de Gómez M. es probablemente una realidad y el centro de masas del sistema se encuentra mucho más cerca de la componente B que de la componente A. Por todo lo expuesto, el sistema es más masivo de lo estimado en aquel trabajo y el período orbital del par, tal y como se apunta en la discusión que se realizó a tenor de los resultados, debería ser mucho menor de los 2087 años calculados.

En la figura 3 (página siguiente) se muestran tres imágenes en distintas zonas del espectro: visible, infrarrojo cercano e infrarrojo medio. Las imágenes se han descargado mediante la aplicación *Aladin* del portal

del CDS.

- La imagen del visible muestra el color real, obtenido mediante combinación de las placas en las distintas bandas provenientes del catálogo DSS.
- La imagen del infrarrojo cercano se basa en las placas del catálogo 2MASS en las bandas J, H y K y el color está asignado de forma automática por la aplicación.
- Por último la imagen del infrarrojo medio proviene de las placas almacenadas en el catálogo WISE. El color también se lo asigna la aplicación.

Esta secuencia de imágenes confirma lo que se ha dicho previamente. En las dos primeras se puede apreciar la diferencia de brillo y de temperatura. En la última imagen, en longitudes de onda más altas, la componente B predomina sobre la A hasta casi anularla, lo que sugiere que la segunda componente, además de mucho más fría, es mucho más masiva que la primera.

Por último, en la figura 4 (página siguiente) se muestra una imagen de HLM 43 tomada por el grupo de Astronomía para el trabajo original de Gómez M. y Rosa G., en la que se aprecia el marcado color rojizo de la componente B.

El rastreo de información sobre el sistema en el portal del CDS nos ofrece las siguientes magnitudes de HLM 43 B (ver tabla 2).

Otras estrellas de carbono recogidas en las bases del CDS tienen magnitudes que confirman que son estrellas muy frías, con temperaturas menores de 3000 K (tabla 3).

3. Diagramas de color-color.

Los diagramas color-color son utilizados en astronomía para agrupar estrellas de la misma naturaleza. Para ello se representa la diferencia de dos magnitudes en cada eje, por ejemplo (B-V) y (H-K). De esta for-



Figura 3. Imágenes de HLM 43 obtenidas de la aplicación Aladin del CDS. En la imagen superior aparece la imagen obtenida de los datos del DSS en el visible. En el centro, datos del 2MASS en el infrarrojo cercano y abajo datos de WISE en el infrarrojo medio.

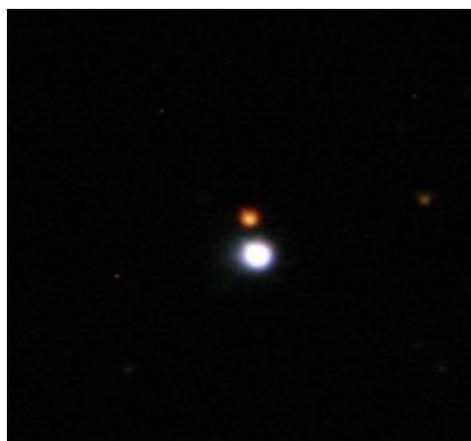


Figura 4. Fotografía de HLM 43, tomada con una cámara réflex Canon 350D y un telescopio Meade LX 200.

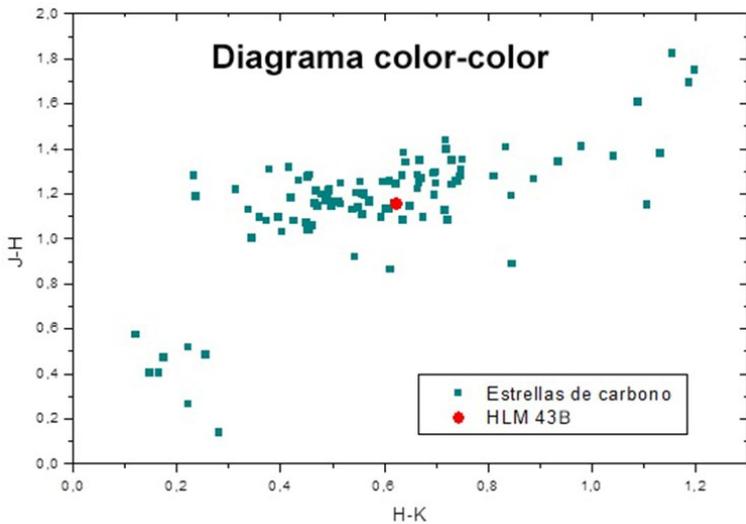


Figura 5. Representación de las magnitudes (J-H) en función de (H-K), para un grupo de estrellas de carbono [3].

ma podemos comprobar si una estrella pertenece a un tipo si la comparamos con otras de características similares.

En nuestro caso se han utilizado estas herramientas para comprobar que la HLM 43 B es una estrella de carbono. A partir de un listado de estrellas de carbono con sus respectivas magnitudes J, H y K, se ha representado J-H en función de H-K para 102 estrellas de carbono catalogadas con sus magnitudes J, H y K. Los resultados se pueden ver en la figura 5. La mayor parte de los puntos se encuentran en una nube situada en la parte central de la gráfica. Nuestra estrella se sitúa en el centro la nube.

4. Obtención de espectros. Montaje experimental.

El trabajo principal del presente curso ha consistido en la preparación del dispositivo experimental para la obtención de espectros con el material del Instituto. Para ello se ha utilizado un telescopio tipo Newton, con una focal de 1000 mm, una apertura de 200 mm con relación focal f/5.

En el foco primario del telescopio se ha conectado directamente una cámara CCD modelo QHY6. En el sensor de la cámara se ha acoplado una red de difracción de 100 líneas/mm, “Star Analyzer”.

Lo usual es utilizar un programa de análisis (VisualSpec o similares) pero en este caso, dado el carácter educativo del trabajo se ha procedido a realizar todo el proceso de análisis paso a paso.

5. Análisis espectral.

En la figura 6 se muestra una de las imágenes. En ella se puede apreciar la estrella con el espectro correspondiente al primer máximo de difracción.

La información de la imagen se extrae con el programa de libre distribución *FV*, de forma que se cuantifique la cantidad de luz que llega a cada píxel.

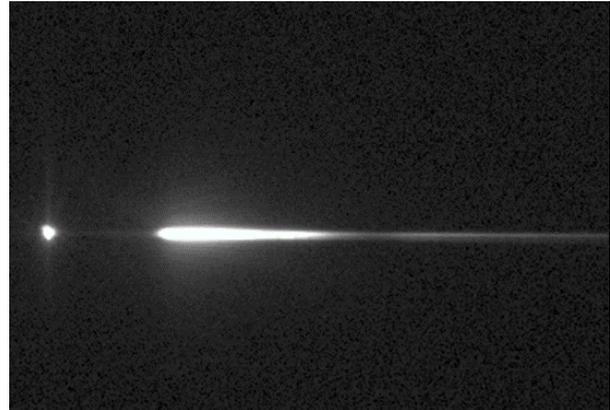


Figura 6. Espectro de Vega.

La figura 7 (página siguiente) representa una captura de pantalla que muestra cómo se utiliza *FV* a la hora de convertir las imágenes en gráficas. En la parte inferior izquierda se puede observar la fotografía de la estrella y su espectro, y sobre ella una línea azul. Esta ha sido utilizada para indicar al programa qué franja de datos debe incluir en su gráfica. A su derecha se encuentra la gráfica resultante, que se exportará a un formato de documento de texto (valores numéricos únicamente), para poder utilizarla en otros programas. La gráfica muestra dos grandes picos. El primero es el perteneciente al máximo principal de difracción con todas las longitudes de onda de la estrella, el cual será utilizado tan solo como referencia durante el análisis. El segundo es el relativo al primer máximo de difracción que separa todas las longitudes de onda, y el que será analizado. En este caso se puede observar que la parte superior del pico del espectro tiene una forma plana. Esto quiere decir que la cámara se ha saturado en el momento de tomar la imagen, por lo que esta imagen no es válida para el análisis. En la figura 8 se muestra una imagen válida sin saturar.

Estos datos son llevados a una hoja de cálculo (Excel) de forma que se obtenga una gráfica que relacione la intensidad del flujo (cantidad de radiación que llega desde la estrella) con cada píxel de la imagen. Posteriormente se normalizan los valores de forma que el máximo flujo de la parte del espectro se corresponda con 1 con el objetivo de poder comparar espectros de distintas fuentes. En el eje *x* se representa la distancia en píxeles desde el origen de la gráfica, que es el máximo principal de la figura de difracción. En el eje *y* se encuentra el flujo normalizado correspondiente a cada píxel.

Una vez obtenida la gráfica es necesario calibrar el sistema experimental y obtener la relación entre los píxeles de la cámara y la longitud de onda. Para ello se ha utilizado la ecuación principal de la red de difracción:

$$d \times \text{sen} \alpha = N \lambda \quad [a]$$

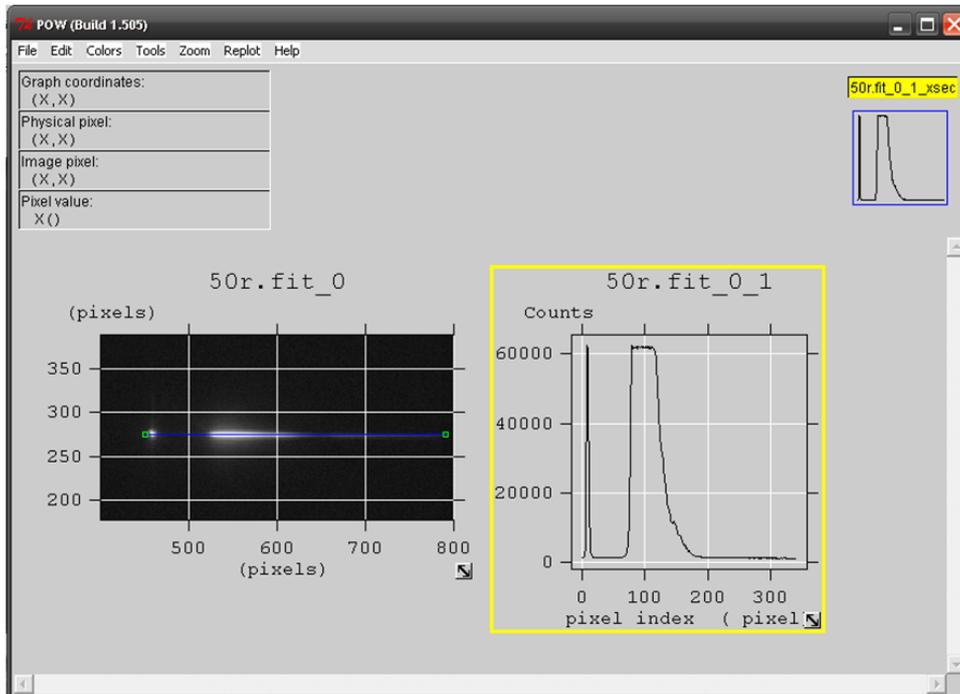


Figura 7. Captura de pantalla del programa FV.

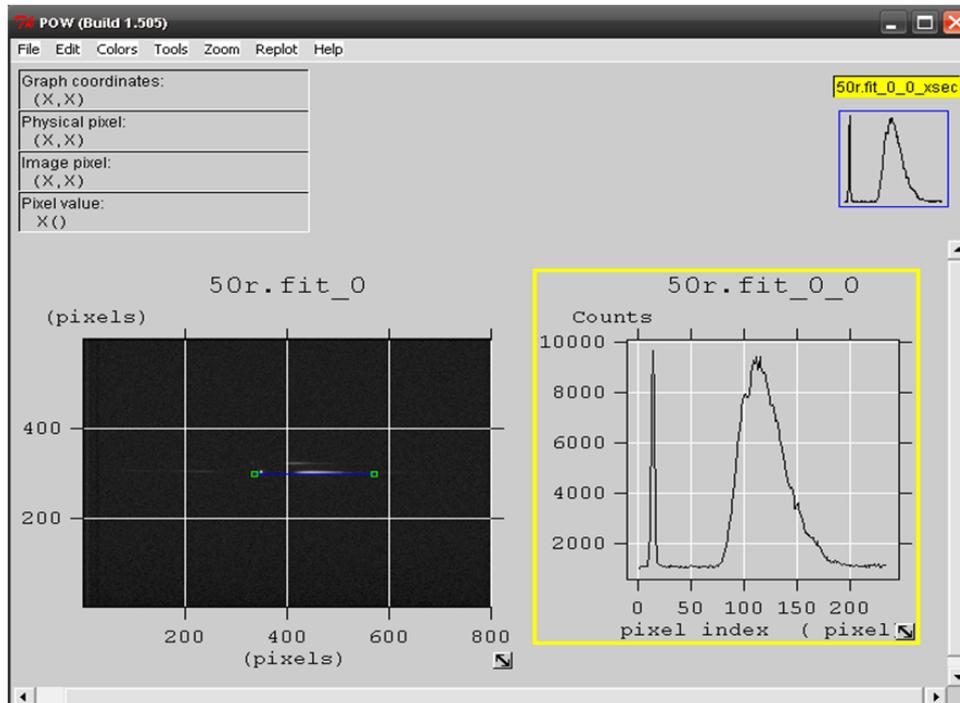


Figura 8. Espectro adecuado para su análisis con FV.

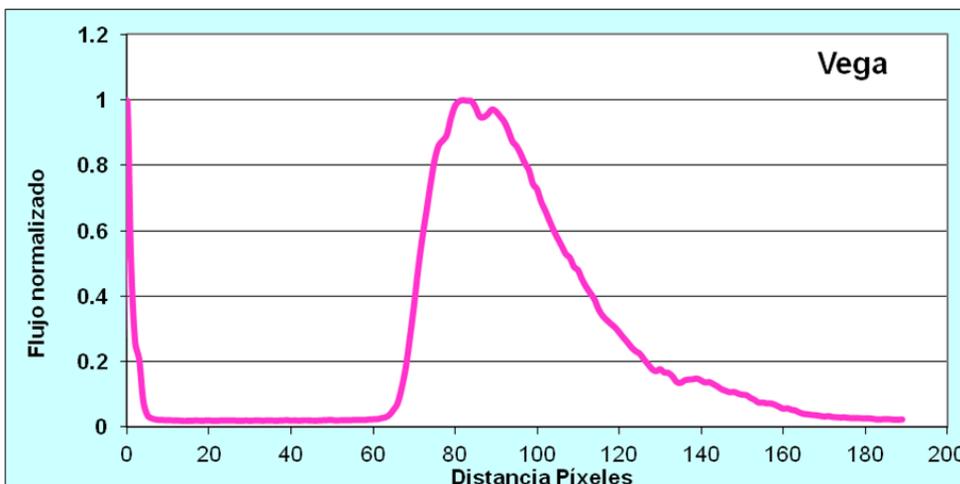


Figura 9. Espectro de Vega sin calibrar.

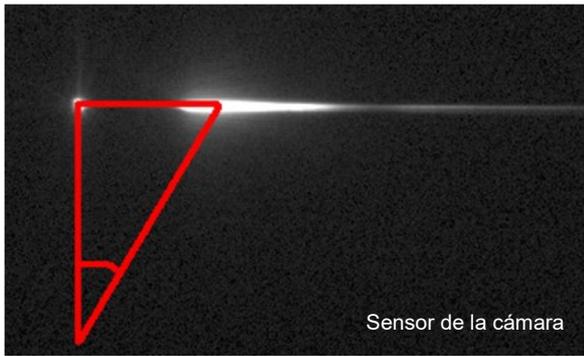


Figura 10. Calibración del montaje experimental.

$$\text{sen } \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad [b]$$

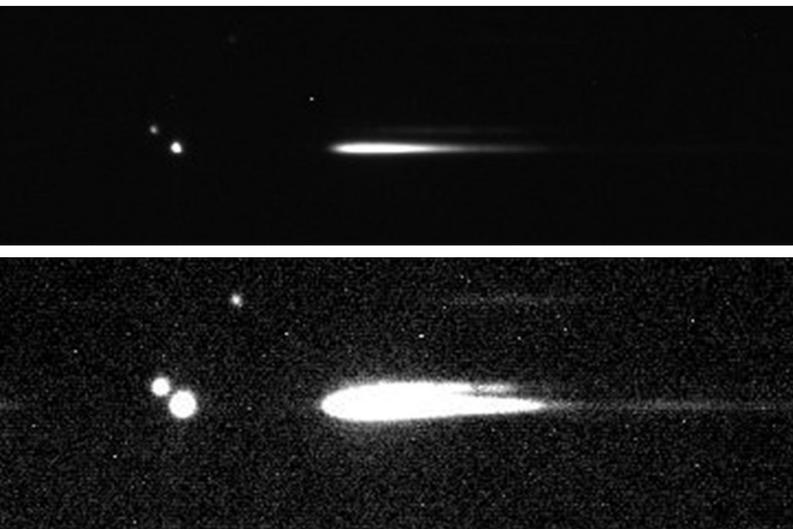
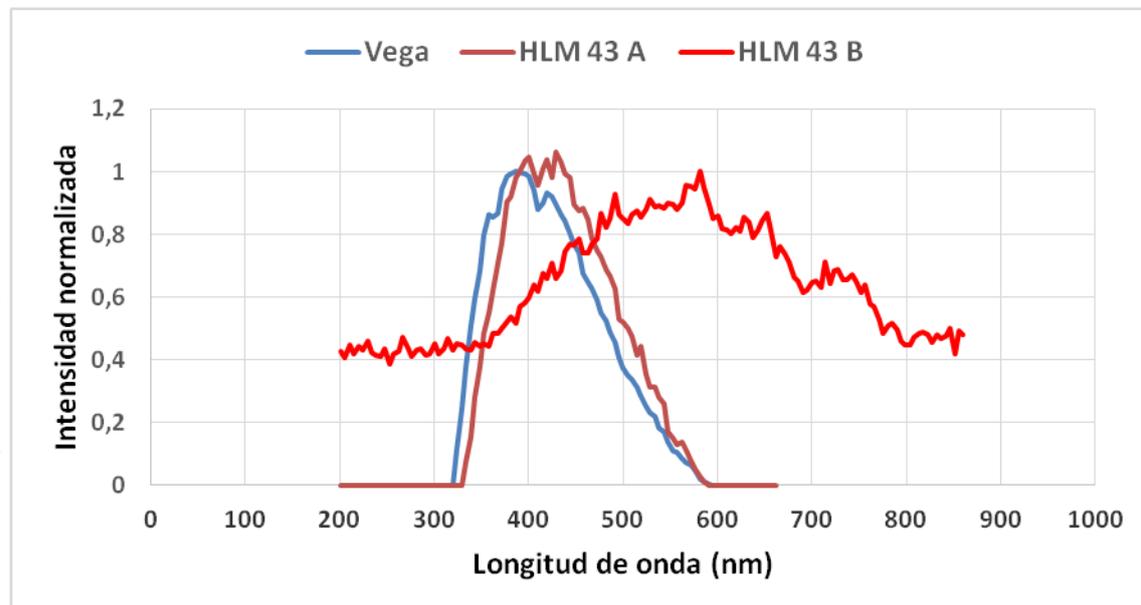


Figura 11. Espectros del sistema HLM43 obtenidas mediante una CCD QHY6 y una red de difracción de 100 l/mm "star analyzer". La imagen superior se ha realizado con una exposición de 15 segundos y ganancia 57. La inferior con la misma ganancia y exposición de 30 s.

siendo d es el espaciado de la red de difracción, λ la longitud de onda y N el orden del máximo de difracción (en nuestro caso $N=1$).

Ahora es necesario establecer una relación entre un píxel y una longitud de onda. Si se conoce la posición en píxeles (a) de una de las líneas de absorción con una longitud de onda determinada, se puede determinar el ángulo de difracción y despejar b (distancia en píxeles entre el sensor de la

Figura 12. Espectros comparados del sistema HLM43 y Vega. El flujo luminoso se ha normalizado para poder comparar las gráficas.



cámara y la red de difracción) en la expresión [b]. Una vez calculado este dato, se puede asignar una longitud de onda a cada uno de los píxeles sustituyendo la a y la b en una tabla de valores, donde el término dependiente sea λ .

Se ha tomado como referencia un espectro de la estrella Vega procedente del programa de libre distribución *Visual Spec*. El pico de absorción situado en 410 nm corresponde al mismo pico en el píxel número 87. De esta forma se ha podido estimar la distancia entre la red y el sensor de la cámara (b) y así calibrar todo el montaje experimental.

Una vez se ha calibrado la gráfica, se pueden observar los distintos picos que estén presentes en ella. Cada uno de ellos nos indicará un elemento químico que esté presente en la superficie de la estrella, aunque también habrá algunos de nuestra propia atmósfera, debido a que la radiación ha tenido que atravesarla para llegar al telescopio.

En la figura 11 se muestran los espectros obtenidos del sistema HLM 43. A simple vista, se puede observar que la componente B alcanza el máximo en longitudes de onda mucho más largas que la componente A. Si analizamos este espectro comparándolo con Vega, utilizando la calibración obtenida previamente, llegamos a los resultados que se exponen en la figura 12.

El estudio de la figura 12 arroja varias conclusiones. En primer lugar, tal y como cabría esperar, los espectros de Vega y HLM 43 A son muy parecidos, ya que ambas son de tipo espectral A y temperaturas similares. La señal de HLM 43 B es más sucia. En este espectro estamos llegando al límite del dispositivo experimental utilizado. La señal que llega es baja y está "contaminada" por la luz que proviene de HLM 43 A, especialmente si se utilizan las tomas de mayor exposición. Cuando empleamos las de menor exposición, la relación señal ruido va siendo cada vez menor. En la figura 14 se compara el espectro de HLM 43 B

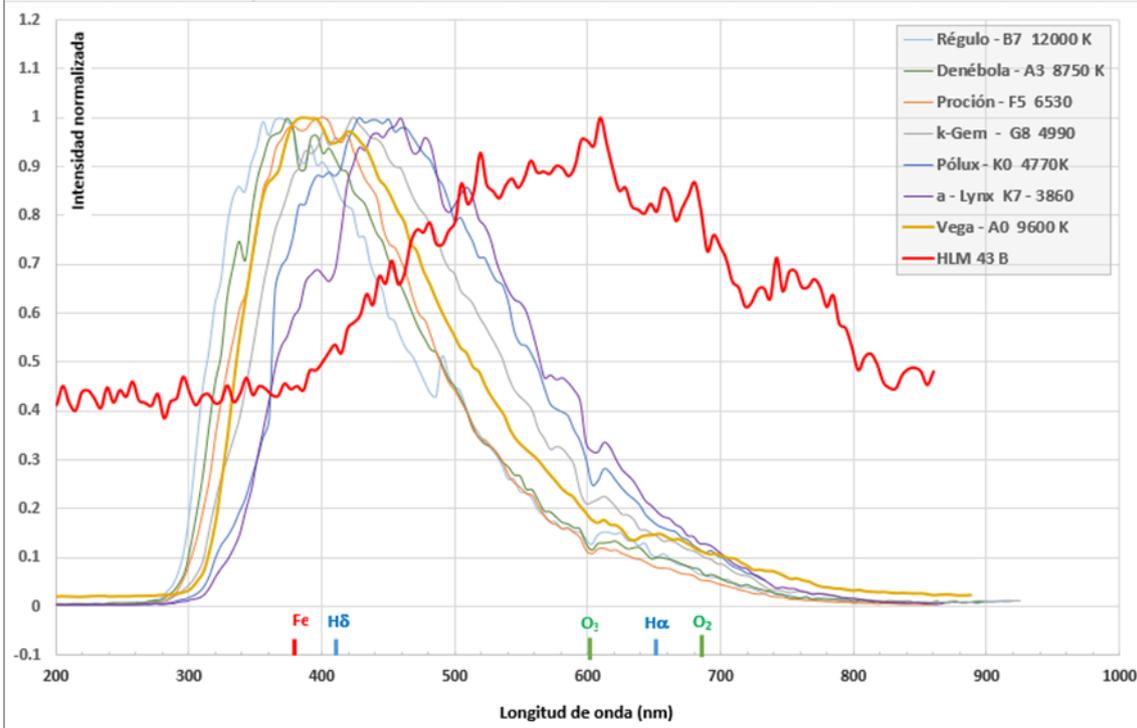


Figura 13. Espectros comparados de HLM 43 B y estrellas de diversos tipos espectrales.

Este dato desplazaría los máximos de todos los espectros de la figura 13 con su máximo por debajo de 580 nm hacia la izquierda. Este desplazamiento sería mayor cuanto más caliente fuera la estrella y prácticamente inapreciable en las más frías. Por el contrario, HLM 43 B, que es el único con su máximo más allá de los 580 nm, resultaría desplazado hacia la derecha. De hecho, la figura

coincide con la curva de eficiencia de la cámara.

con otros de prácticamente todos los tipos obtenidos mediante el procedimiento explicado previamente. En la gráfica resulta evidente que HLM 43 B es mucho más fría que todas las anteriores, incluyendo gigantes de tipo K como Polux o α Lynx. En la mayoría de espectros se pueden adivinar las trazas de algunos elementos, pero en HLM 43 B, tales conclusiones serían demasiado aventuradas.

No obstante, este resultado indica que el máximo de emisión se produce en el visible, mientras que en el apartado 2 hemos podido comprobar que esto ocurre en el infrarrojo. Llegados a este punto es necesario tener en cuenta el dispositivo experimental empleado y más concretamente la cámara. El sensor que recoge la luz no responde de forma uniforme a todas las longitudes de onda, sino que tiene una zona en la que es más sensible a la radiación que le llega. Es lo que se denomina la eficiencia cuántica y para esta cámara el sensor tiene un máximo en 580 nm (datos del fabricante).

coincide con la curva de eficiencia de la cámara.

En la figura 14 se indica la corrección debida a la eficiencia cuántica de la cámara. El resultado de nuevo no es concluyente, debido a que ese incremento en la parte final de la curva, aunque es lo que deberíamos esperar, se produce en una región en la que el principal componente de la señal es ruido.

6. Estimación de la temperatura.

Gómez M. y Rosa G. realizan una estimación de la temperatura de la estrella [3] basándose en dos métodos. Por una parte, una aproximación a un cuerpo negro y su ajuste con los datos del flujo de energía emitido por la estrellas en distintas longitudes de onda según la información obtenida del catálogo IRAS.

El método experimental se lleva a cabo representando el flujo que emite el cuerpo en diferentes longitudes de onda, mediante la expresión [c] y superponiendo los flujos que tenemos de nuestra estrella. Una vez en la misma gráfica, vamos variando la temperatura hasta conseguir que la curva perteneciente al cuerpo negro se ajuste con más precisión a la mayoría de los puntos.

El ajuste de la figura 15 (página siguiente) pertenece a un cuerpo negro de 2000 K de temperatura. A priori la comparación con un cuerpo negro a dicha temperatura es una buena aproximación para la estrella estudiada, es decir, es una buena aproximación para la energía que recibimos en las diferentes bandas de emisión.

El segundo método es la fotometría sintética. Con esta última parte, se pretende de nuevo aproximar la temperatura de la estrella mediante sus magnitudes en las bandas J, H y K. Se trata de representar las diferencias entre alguna de las magnitudes en función de otra, por ejemplo (J-H) y (J-K). Por lo tanto, los datos que necesitamos son los valores de las magnitudes J, H y

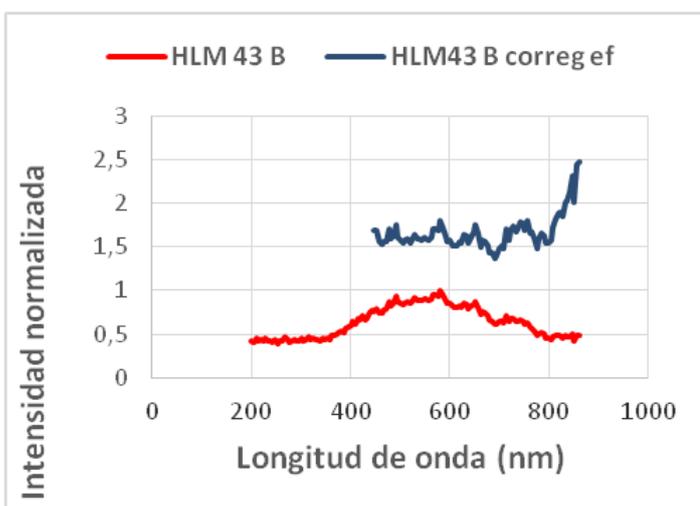


Figura 14. Espectros comparados de HLM 43 B antes y después de aplicarle una corrección debida a la eficiencia cuántica de la cámara.

Longitud de onda (mm)	12	25	60	100
Flujos (Jy)	2,18	0,668	0,4	8,11
Flujos (Erg · cm ⁻² · s ⁻¹ · A ⁻¹)	4,54 · 10 ⁻¹⁵	3,20 · 10 ⁻¹⁶	3,33 · 10 ⁻¹⁷	2,43 · 10 ⁻¹⁶
Error (%)	4	7	Límite	Límite

Tabla 4. Flujos correspondientes a 4 longitudes de onda para la componente secundaria obtenidas de IRAS [3].

HLM 43-B	F (m)=Erg cm ⁻² s ⁻¹ A ⁻¹
Bandas	
V	2,4734 · 10 ⁻¹³
J	1,1711 · 10 ⁻¹²
H	1,2287 · 10 ⁻¹²
K	8,2442 · 10 ⁻¹³
W1	2,6323 · 10 ⁻¹³
W2	1,2862 · 10 ⁻¹³
W3	3,5567 · 10 ⁻¹⁵
W4	3,2668 · 10 ⁻¹⁶
IRAS 12	4,5385 · 10 ⁻¹⁵
IRAS 25	3,2042 · 10 ⁻¹⁶

Tabla 5. Flujos correspondientes a cada magnitud para la componente B del sistema HLM 43.

$$E(\lambda; T) = \frac{2c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right)} - 1} \quad [c]$$

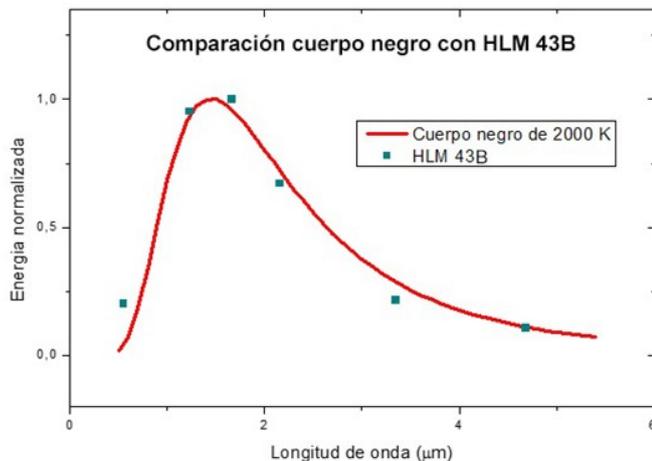
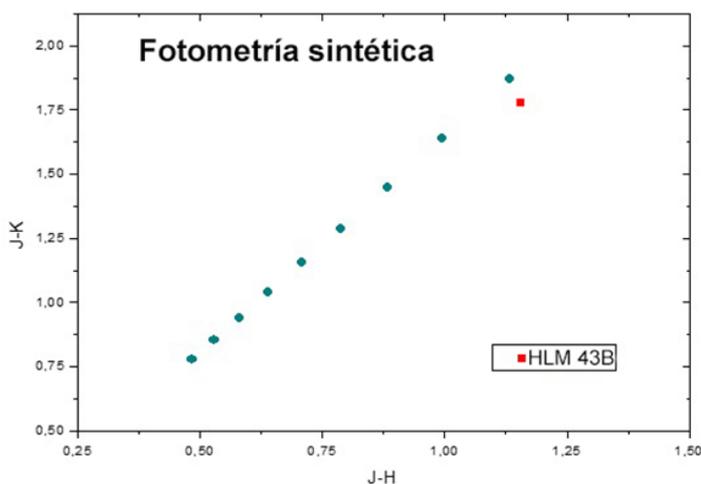


Figura 15 (arriba). Ajuste de un cuerpo negro con HLM 43B.
Figura 16 (abajo). Posición de HLM 43B en una gráfica de fotometría sintética.



K, en diferentes temperaturas.

El método consiste en calcular varios cuerpos negros en distintas temperaturas y obtener las magnitudes a partir de la energía emitida. Para esta estrella se han calculado cuerpos negros con temperaturas entre 2000 K y 3600 K y los resultados se muestran en la figura 16 [3]. Se observa como la componente B del sistema HLM43 se sitúa cerca de la línea resultante de la fotometría sintética, lo que indica una buena concordancia de los valores teóricos y los experimentales. Esta posición en la tabla corresponde a una temperatura aproximada de 2100 K [3].

7. Conclusiones.

En este artículo se hace una revisión del sistema HLM43 haciendo especial hincapié en su componente B, una estrella de Carbono poco estudiada previamente. Se aporta información proveniente de placas descargadas del portal CDS, información de los catálogos, WISE, 2MASS e IRAS y espectros del sistema. Todos los datos apuntan que se trata de una estrella muy fría con una temperatura en el entorno a los 2000 K, lo que corresponde a una estrella de Carbono.

Esta conclusión supone que la componente B es un tipo de gigante roja y por tanto más masiva que la componente A y que el centro de masas del sistema se encuentra mucho más cerca de la gigante roja. Esto modificaría las suposiciones del artículo indicado en la referencia [1] en lo que se refiere al período orbital, sensiblemente inferior a los 2087 años estimados en dicho artículo. ©

Referencias

- [1] Gómez M., Rosa G., 2011, *Estudio de sistemas estelares dobles*; OED nº 6, 12-32.
- [2] Alksnis A., Balega I. I., Balega Y. Y., Duncans L., Smelds I., 1988, *Issl. Solntsa Krasnykh Zvezd., Speckle-interferometric search for multiple carbon stars*, 29, 22-27.
- Alksnis A., Balklavs A., Dzervitis U., Eglitis I., Paupers O., Pundure I., 2001, *General catalog of galactic carbon stars by C.B. Stephenson. Third edition*, *Baltic Astronomy*, 10, 1-318.
- Daube I., 1981, *New red variable stars*, *Astron. Tsirk.*, 1161, 7-8.
- Eglitis I., Eglite M., Balklavs A., 2003, *Spectral*

classification of faint carbon stars, Baltic Astronomy, 12, 353-368.

Maehara H., Soyano T., 1987, *A search for cool carbon stars. I. Cassiopeia region*, Ann. Tokyo Astron. Obs., 21, 293-310.

Nassau J. J., Blanco V. M., 1957, *Carbon stars in two northern Milky Way zones*, Astrophys. J., 125,

195-208.

Stephenson C. B., 1973, *A general catalogue of cool carbon stars*, Publ. Warner & Swasey Obs., 1, part no 4, 1-79.

[3] Gómez M., Rosa G., 2013, *Estrellas de Carbono: HLM 43; Neomenia 44*; ISBN 1887-4258. Publicación trimestral de la Agrupación Astronómica de Madrid.

¿Cómo soy capaz de detectar el movimiento de Sirio B?

How can I detect the Sirius B motion?

Giuseppe Donatiello

■ Correo-e: donatiello_giuseppe@libero.it

En el presente trabajo se muestra la técnica que sigue el autor para lograr capturar estrellas dobles con una gran diferencia de brillo entre sus componentes. Ilustra el proceso con la detección del movimiento de Sirio B.

In this paper is explained the technique that follows the author in order to capture double stars with a high difference in brightness between the components. Illustrates the process with the detection of Sirius B motion.

Introducción

CON MUCHO GUSTO acepté la amable invitación recibida de Edgardo Masa para mostrar a los lectores de OED mi técnica para capturar estrellas dobles muy desequilibradas en brillo. Debo declarar, en este momento, que las estrellas dobles no son realmente el área en el que trabajo normalmente en mi actividad astronómica, ya que estoy comprometido principalmente con el cielo profundo y con el desarrollo del procesamiento avanzado de imágenes, así como con la construcción de instrumentos y cámaras de captura. Algunas de mis sugerencias y soluciones se han adoptado en programas informáticos populares dedicados a imágenes astronómicas, llegando a ser asesor de algunas empresas. Debido a la experiencia madurada a lo largo de los años, se me ha confiado por algún tiempo la sección técnica mensual de la revista *Coelum*. Así, precisamente en el contexto experimental en el que trabajo, nacieron unas pocas imágenes que han causado un gran revuelo en el ambiente astronómico: me estoy refiriendo a una de las primeras capturas documentadas de Sirio B, en 2012, obtenida con abertura relativamente pequeña, es decir, con un doblete refractor ED 127 mm $f/9$ de construcción casera y con una cámara planetaria, construida por mí también. La construcción propia de los instrumentos ópticos y accesorios que uso, es una de mis actividades favoritas, y actualmente se encuentra en fase de construcción una cámara modificada Baker-Nunn 62 cm, utilizando una óptica de desecho USAF que he adquirido. Precisamente, durante los ensayos con una de mis primeras cámaras, el 24 de febrero de 2012, apunté mi refractor a Sirio, por supuesto sin intención de capturar la componente B, sino con la sola idea de evaluar objetivamente su funcionamiento con una fuente muy brillan-

te. Para mi sorpresa, en el vídeo AVI que había capturado, era visible Sirio B a pesar del mediocre *seeing* de la noche. Yo sabía que en las proximidades había una estrella a unos 30 segundos de arco de distancia que a menudo engaña a los observadores visuales; de hecho, puedo decir, que algunas fotos anteriores a 2010 relacionadas con Sirio B, de reciente aparición, se pueden atribuir a esta estrella de magnitud 10. Pero no voy a detenerme en esto. A raíz de esta primera observación, excluyendo la posibilidad de identificación errónea o artefactos, gracias a la valiosa colaboración de astrónomos aficionados amigos, llegó el momento de comenzar mi aventura en la obtención de imágenes de Sirio B, pero también de otras estrellas binarias o múltiples cerradas.

Mejoras en el procesado

En un principio, traté de hacer el apilado del vídeo en la forma ordinaria, pero el resultado fue desastroso: una enorme masa luminosa sin nada apreciable era todo lo que podía verse. La razón es simple. Los programas tales como *Registax* o *AutoStakkert*, a pesar de ser potentes en muchos aspectos, no son capaces de reconocer un objeto muy poco brillante dentro de un patrón de difracción enorme. No sólo eso, debido a la gran ampliación utilizada, ¡estos programas no reconocen de manera efectiva incluso el centroide de la estrella! Evadir el *seeing*, bien lo sabemos, es una condición indispensable tanto para las observaciones visuales como para las capturas digitales de alta resolución; por tanto, la única solución era adoptar una técnica que efectivamente permitiera eludir el problema. Pronto me di cuenta de que podía usar la alineación manual de los fotogramas individuales: aunque tratar con *Registax* una película de no menos de 300



Figura 1. Algunos frames del AVI capturado el 3 de marzo de 2012. (Todas las imágenes son cortesía del autor).

frames, resultó harto fatigoso y desafiante, Sirio B se hizo visible finalmente. Tuve la oportunidad de repetir la observación el 3 de marzo de 2012, en condiciones mucho mejores (figura 1). En esa ocasión, tras la alineación manual de todos los *frames*, obtuve un resultado mucho más satisfactorio que la semana anterior. Sin embargo, al revisar el vídeo AVI, me percaté de que algunos cuadros individuales eran realmente excelentes, con una calidad que podemos definir como excepcional. Gracias a este hecho tuve la idea de recurrir a la técnica “*lucky imaging*” “pura”, extrayendo las mejores imágenes y apilándolas una a una manualmente. ¡El resultado fue increíble! ¡Un puñado de excelentes *frames* permitía reconstruir una imagen final de gran calidad! Aunque el proceso es conceptualmente muy simple, resulta muy dura y exigente la fase de extracción/composición final. Para la extracción de imágenes me he ayudado de un programa de edición de vídeo seleccionando las instantáneas de mejor calidad y guardándolas en una carpeta. Esas imágenes se abrieron en *Registax* y fueron alineadas directamente sobre Sirio B. En épocas posteriores, volví sobre Sirio con una cierta periodicidad, descubriendo que las capturas efectuadas en las madrugadas de octubre, son siempre mejores que las tomadas en las horas de la noche, ya que, desde mi sitio de observación, en octubre se crean condiciones extremadamente favorables antes de la salida del Sol y la estrella pasa justo por el meridiano. En Italia, Sirio no transita muy alta en el cielo del sur, por lo que está casi siempre perturbada por el *seeing* y parece un caleidoscopio de colores. En octubre, con temperaturas similares en el aire y en el suelo, las imágenes son a menudo extremadamente tranquilas. Por tanto, recomiendo dedicarse a las imágenes en alta resolución sólo cuando las condiciones lo permitan; de lo contrario se obtendrán resultados decepcionantes o de modesta calidad.

¿Cómo podemos afrontar la búsqueda de compañeras tenues alrededor de estrellas brillantes? Basándome en mi experiencia, una cámara de vídeo equipada con buen rango dinámico y alta sensibilidad, es capaz de detectar, en condiciones ideales, objetos de brillo al menos igual a la luminosidad del patrón de difracción, a una distancia dada desde el centroide; por lo tanto, objetos más débiles serán visibles a distancias

mayores. En condiciones reales, hay gran influencia del *seeing*, de la configuración óptica utilizada y de la calidad óptica. En general -y no es solo un dicho popular- los refractores tienen ventaja sobre los reflectores de diámetro aún mayor debido a que el haz óptico no se ve perturbado por los *spikes*, la obstrucción central y la turbulencia interna. Aunque la imagen proporcionada por instrumentos refractores es ópticamente mejor, esto no significa que no podamos obtener bellas imágenes con telescopios newtonianos u otras configuraciones. De hecho, he ayudado a muchos astrónomos aficionados a ser capaces de capturar bellas imágenes de Sirio B obtenidas con un Newton de 15 cm: ¡ahora esta legendaria estrella es realmente fácil! ¡El verdadero desafío no es tratar de atraparla, el reto se traslada ahora a la abertura mínima utilizada o a conseguir mejor calidad!

Y así llegamos al 24 de octubre de 2015, siempre por la mañana, cuando una vez más, con la misma configuración óptica (pero con una cierta evolución de la cámara) volví a capturar a Sirio en condiciones muy favorables a su paso por el meridiano. En estas circunstancias, después del procedimiento habitual, la imagen final estuvo a la altura de las expectativas (figura 2, página siguiente).

Eppur si muove

Al cabo de unos días se me ocurrió la idea de tratar de hacer una composición con todas las imágenes obtenidas durante estos años: la instrumentación ha sido siempre la misma, e incluso el tamaño del sensor y la modalidad de captura. De hecho, a excepción de la primera vez que podemos considerar fortuita, en las siguientes sesiones la cámara fue previamente bien orientada, utilizando el “retículo” facilitado por el programa *SharpCap* que utilizo habitualmente. Mi procedimiento es el siguiente: después de introducir el barrilete de la cámara en el portaocular no aprieto con firmeza el tornillo de bloqueo, para que pueda girar suavemente partiendo de una posición ya verificada. Seguidamente posiciono la estrella (o el planeta) en el borde izquierdo y después de apagar el motor de seguimiento en AR, compruebo que la imagen se desplaza a lo largo del eje este-oeste, haciendo ajustes delicados



Figura 2. Sirio B capturado el 24 de octubre de 2015. 127 ED f/27 - 8 fps a 640x480 (apilado de las 30 mejores lucky images).

dos. Tras obtener una orientación satisfactoria, bloqueo la cámara completamente. Este procedimiento me aseguró tener ficheros AVI suficientemente homogéneos, así que hice las operaciones de selección manual y apilado de todo el material archivado, como se describió anteriormente. Las imágenes finales se presentan en blanco y negro por razones de homogeneidad; de hecho, existen diferencias significativas en tono entre las diferentes fotografías. Con las imágenes individuales se inició el proceso de composición y tras varios ensayos de superposición y pequeñas rotaciones obtuvimos la imagen definitiva en la que se aprecia el movimiento de Sirio B durante los años 2012-2015 (figuras 3, página siguiente). Por supuesto, voy a seguir haciendo capturas en los próximos años porque la idea de trazar lo más posible la órbita de Sirio B es un reto estimulante, y algo nunca hecho con anterioridad.

Configuración óptica

He mencionado anteriormente la técnica utilizada para el tratamiento de las imágenes, pero vale la pena dedicar algunas palabras a la configuración óptica utilizada. El objetivo de mi refractor es un doblete ED 130 f/9 (127 libre) construido en la antigua Unión Soviética, adquirido de ocasión y adaptado al tubo de un refractor comercial 120/1000, mediante la reconfi-

guración de la celda y los diafragmas internos (figura 4). Más allá de la nativa, puedo conseguir más focal insertando en el tren óptico dos elementos negativos siempre de baja dispersión: un grupo monocéntrico 3x y una lente de Barlow 2x. De esta forma puedo trabajar a f/9, f/18, f/27 y f/45 cuando el *seeing* es realmente bueno. Además, la videocámara puede utilizar algunas funciones muy útiles en la captura en alta resolución; por ejemplo, la función ROI (región de interés) vía software y una función de zoom (hasta 400%) vía hardware. Las cámaras se han construido utilizando y ensamblando módulos comerciales CMOS para videovigilancia de 1,3 MP y son de fabricación asiática (figura 5). En el caso de Sirio siempre ha sido usado el formato VGA de 640x480 píxeles. Sin insistir demasiado sobre las características técnicas, diremos que están equipadas con refrigeración pasiva y que son similares a la reciente ATIK Infinity, con muy parecida arquitectura. Mi videocámara casera está optimizada para dar la mejor respuesta en la región del visible, pero también he construido cámaras dedicadas a operar en el infrarrojo cercano (con un filtro de interferencia de germanio centrado en los 1000 nm), con excelentes resultados en cielo profundo y planetaria.

Recomendaciones finales

Termino con algunas notas sobre el procesa-

Figura 3. Composición final con las imágenes capturadas en el periodo 2012-2015. Es patente el movimiento orbital de Sirio B.

miento del material. Cada imagen con fines científicos no debe someterse a ningún tipo de manipulación, excepto la calibración. Sin embargo, para la presentación pública, también es importante la forma en que se expone el resultado final. Por desgracia y a menudo, la búsqueda de efectos induce a que muchos autores sean exagerados a la hora de usar filtros de eliminación de ruido y/o contraste. Personalmente, trato de evitar procesamientos de imagen pesados cuando no es necesario y no tengo problemas para mostrar imágenes ruidosas. En este tipo de imágenes, todo se hace con las herramientas *curvas*, *gamma*, *wavelets* y *balance de color*, y después el resultado se inserta en una atractiva plantilla. El uso de plantillas no es un elemento secundario: una buena presentación puede decidir el reconocimiento de nuestros esfuerzos. Como última recomendación, sugiero a los que quieran practicar esta técnica que, en la fase de captura, pongan la cámara en modo de bajo contraste. ©

Traducido del italiano por
Edgardo Rubén Masa Martín



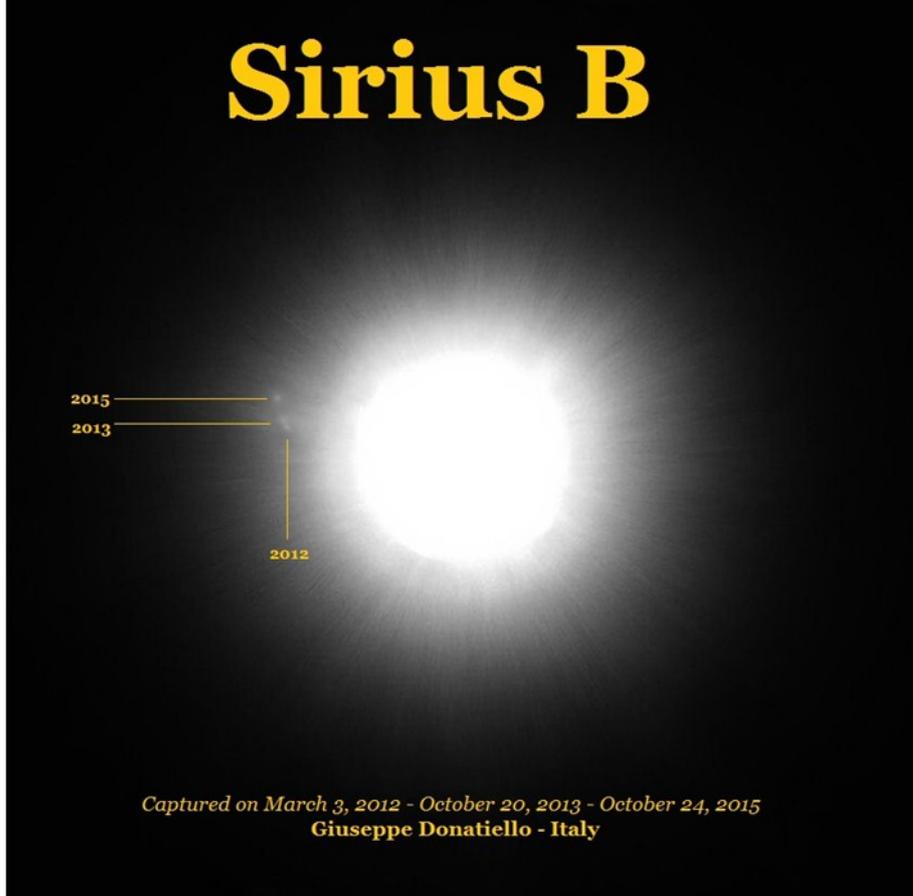
Nota de la redacción

Giuseppe Donatiello nació en 1967 y vive en Oria (Brindisi), en el sur de Italia. Es locutor de radio y periodista profesional. Se dedica a la astronomía desde la infancia mostrando interés por todos los aspectos de la disciplina, desde la observación hasta los aspectos históricos. Tiene más de 700 publicaciones, habiendo escrito artículos para todas las revistas astronómicas italianas y extranjeras. Muchas de sus imágenes se publican en sitios web de todo el mundo. En la actualidad escribe las columnas mensuales sobre innovaciones técnicas y prueba de instrumentación para la revista *Coelum Astronomia*.



<https://www.flickr.com/photos/133259498@N05/>
http://www.astrorbin.com/users/Giuseppe_Donatiello/

Sirius B



Captured on March 3, 2012 - October 20, 2013 - October 24, 2015
Giuseppe Donatiello - Italy



Figura 4. El refractor ED 127 f/9 usado en este trabajo. **Figura 5 (recuadro interior).** Cámara CMOS 1280x960 totalmente de fabricación propia.

¿Cómo “hacer” estrellas dobles con gran diferencia de magnitud?

How to measure High-DeltaM Double Stars?

Marcel Fay

■ 731 A, route de Dax—F-40230 Benesse Maremne

■ Correo-e: fay_marcel@yahoo.es | Web: http://www.astrosurf.com/doubles_fym/fym

El presente estudio tiene como objetivo mostrar cómo llegar a medir estrellas dobles con componentes que tienen una alta diferencia de magnitud visual, usando un reflector de modesta abertura (283 mm, modelo Celestron C11 XLT GoTo). Pienso que este estudio puede resultar de interés para otros observadores.

This study aims to show how to measure double stars with components having a large difference in visual magnitude, using a modest opening reflector (Celestron 283mm, model XLT GoTo). I think this study will be of interest to other observers.

Introducción

ESTE ESTUDIO COMPRENDE los apartados siguientes:

- Una lista de las dobles medidas y publicadas que presentan una diferencia de magnitud visual > 6 .
- Una tabla detallada de algunas de estas dobles que tienen una componente cuya distancia se conoce, en general gracias a la misión Hipparcos.
- Una tabla de imágenes de algunas dobles con sus identificadores.
- Una tabla con los tiempos de exposición en función de las magnitudes visuales y/o de sus diferencias.

- Conclusión.
- Discusión.

A – Listado de dobles con una diferencia de magnitud visual (delta mV) > 6 , publicadas en este mismo número de OED.

Notas :

- Columna «Nombre». Las dobles FYM no están todavía incluidas en el WDS, se publican en este mismo número de OED, página 94.
- Columna «Delta mV». Valor calculado en base a los datos listados en WDS.

ID. WDS	NOMBRE	MV A	MV B	DELTA MV	ESPECTRO A	(B-V)	ID. COMPONENTE A	IMAGEN
19425+0809	OSO 111 AC	8,98	16	7,02	G5	0,72	HIP 96943	no
19523+1021	GMC 1 AE	6,5	13,5	9,21	B7 V	0,346	HIP 97787	no
17395+0324	BU 961 AC	6,81	13,7	6,89	K0	1,52	HIP 86424	BMP
18585+2515	A 2990 AC	7,9	14	6,1	K5	1,68	HIP 93157	BMP
19018+1232	STF 2432 AC	6,82	13,3	6,48	B9 V	0,09	HIP 93438	BMP
19371+0819	FYM 290 AE	8,62	18,74	7,12	A3	0,29	HD 185 063	BMP
19510+1025	J 124 AB	5,11	13,5	8,39	F8 V	0,56	HIP 97675	BMP
19510+1025	J 124 AC	5,11	13,7	8,59	F8 V	0,56	HIP 97675	BMP
19561+0418	OSO 115 AB	9,44	16,2	6,76	G5 V	0,68	HIP 98096	BMP
20434+4501	FYM 322 AD	8,56	15,05	6,49	K0	0,95	TYC 3574-1823-1	BMP
21105+2227	FYM 289 AD	6,65	15,1	8,45	A1 V	0,03	HIP 104539	no
21306+4213	FYM 336 AC	8,27	14,93	6,66	A2	0,29	HIP 106191	BMP
21306+4213	FYM 336 AD	8,27	14,73	6,46	A2	0,29	HIP 106191	BMP
21495+0324	STF 2828 AD	9,46	15,5	6,04	G5	1,1	TYC 548-1431-1	no

Listado A

ID. WDS	ESPECTRO A	ESPECTRO B	DELTA MV(2)	DELTA MV(1)	LUM. A	LUM. B	DELTA LUM. A-B
OSO 111 AC	G5 D		7,02	6,6	14110	389	13721
GMC 1 AE	B7 V		9,21	7,13	32195	208	31987
BU 961 AC	K0		6,89	7,37	32000	340	31660
A 2990 AC	K5		6,1	6,56	32767	230	32537
STF 2432 AC	B9 V		6,48	3,85	32640	171	32469
FYM 290 AE	A3		7,12	6,6	15767	381	15386
J 124 AB	F8 V		8,39	6,7	32750	286	32464
J 124 AC	F8 V		8,59	5,79	32750	390	32360
OSO 115 AB	G5		6,76	1,86	1016	786	230
FYM 322 AD	K0		6,69	6,49	27280	380	26900
FYM 289 AD	A1 V		8,45	8,45	32185	224	31961
FYM 336 AC	A2	A2	6,66	6,8	27216	258	26958
FYM 336 AD	A2	G5	6,46	6,66	27216	264	26952
STF 2828 AD	G5		6,04	4,71	8077	321	7756

Listado B

- Columna «B-V». El valor de este índice de color está calculado en base a los datos encontrados en Simbad.

B – Tabla detallada: Delta mV(1) teórico y Delta mV (2) medido con Reduc.

Notas :

- Columna «Delta Lum. A-B». Da la desviación de la Luminosidad de cada componente tomada sobre el píxel más caliente.
- Columna «Delta(1)». Es el valor teórico calculado por Reduc.

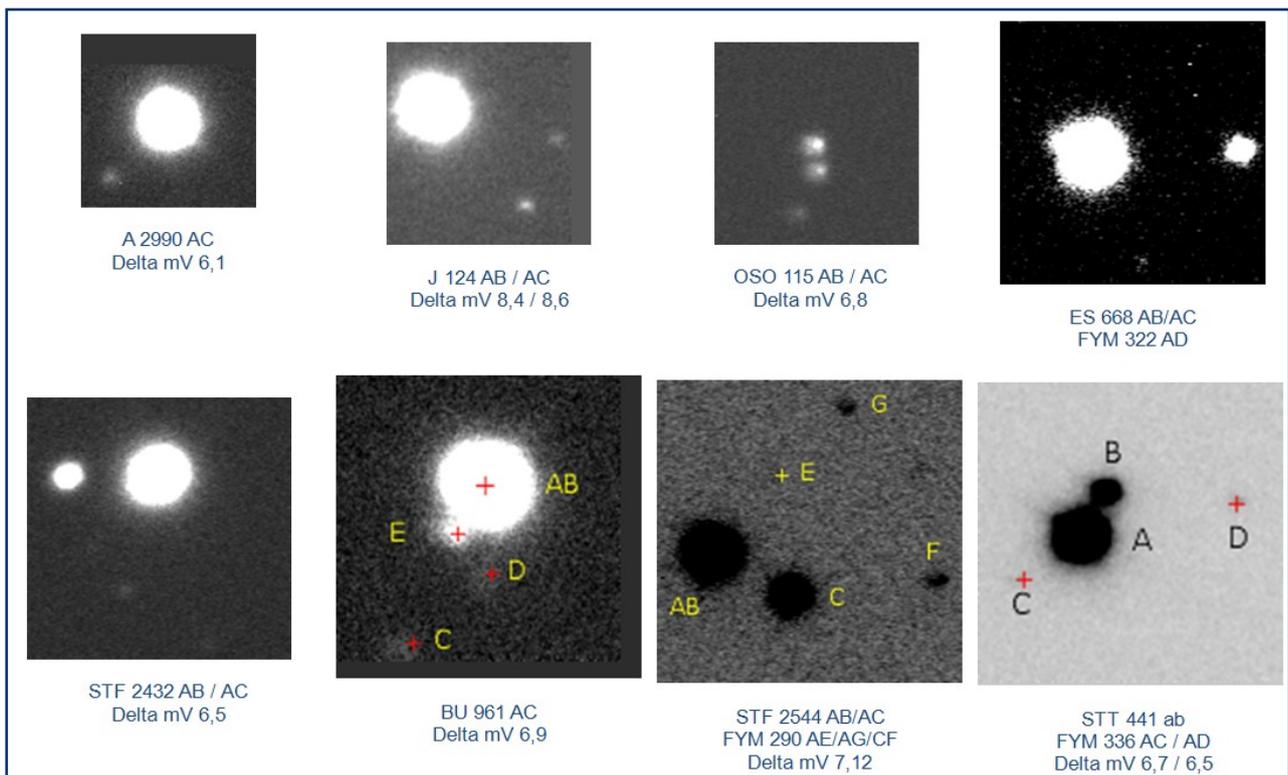
Esto está en relación directa con la diferencia de Luminosidad a través de la Ley de POGSON.

C – Algunas imágenes de estrellas dobles con una diferencia de magnitud visual > 6.

D – Algunos tiempos de exposición según las características de cada pareja, sus diferencias de magnitud y sus tipos espectrales (página siguiente, listado C).

Notas:

- Columna «Tiempo de Exposición real», exposición real elegida y fijada en el software de captura Arte-



NOMBRE	DELTA MV(2)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN REAL (S) (BARLOW 3X)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN NATIVO (S)	BINNING	ESPECTRO	OBSERVACIONES
A 2990 AC	6,56	3,7	0,4	2	K5 / A estimado	IC 1,68
BU 961 AC	6,89	2,9	0,32	2	K3 III / A2	
FYM 322 AD	6,49	3,4	0,37	2	K0 /	ES 668
FYM 336 AC	6,66	3,4	0,37	2	A7 V / A6	STT 441
STF 2544 AC	1,25	1,2	0,14	2	A3 / A3	Par clásico IC 0,2
STF2769 AB	0,77	0,3	0,034	2	A4 /	Par de calibración cámara

Listado C

mis con una lente de Barlow 3x.

- Columna «Tiempo de exposición nativo», es el tiempo de exposición real dividido por el cuadrado del aumento. $T. E. \text{ real} / 9$.

E - Conclusión.

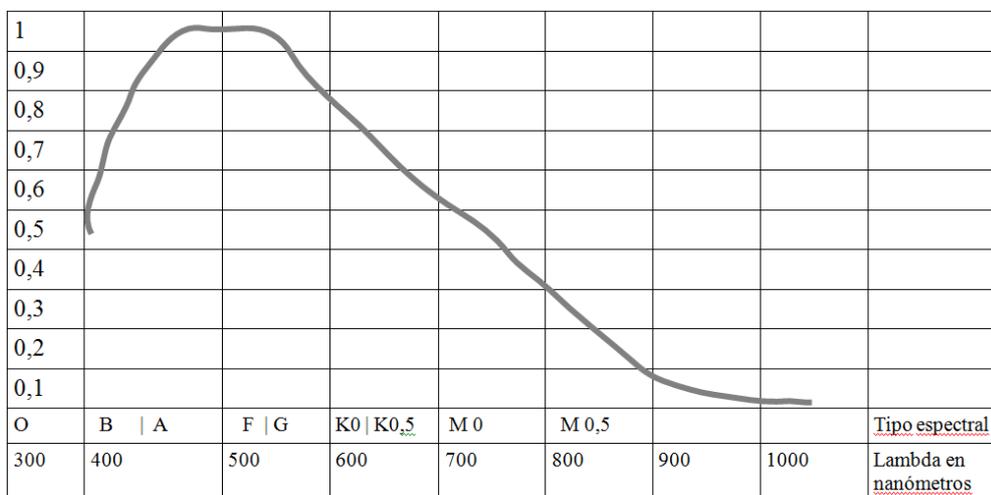
Las tablas anteriores muestran los resultados de mis medidas. Pero, ¿cómo he llegado a ellas?

Hay algunas reglas que respetar:

1° - Capturar separadamente el par cerrado del sistema. Las otras dobles o parejas nuevas a la luminosidad más débil para poder medir todo. Por ejemplo, la doble STT 441AB fue tomada con un disparo de 0,3 segundos y las FYM con 3,7 segundos. O a veces menos si A y B están separados por menos de 3 segundos de arco y hacemos la reducción con la opción Interferometría Speckle de Reduc.

Otra herramienta muy útil de Reduc es el algoritmo SURFACE. Personalmente, me ha sorprendido muchísimo poder resolver pares con píxeles muy mezclados. Es la magia de este software. A menudo utilizo simultáneamente todas estas funciones de Reduc. La más utilizada es *Auto Alinear/apilar*.

2° - Tomar series de exposiciones diferentes con el fin



Curva de sensibilidad del sensor Sony ICX-285AL que incorpora la cámara ATIK 314 L+. Curva reproducida a mano alzada, según los datos del constructor para demostrar la validez de mis mediciones.

de poder elegir aquellas imágenes que den los mejores resultados.

3° - En el momento de las capturas anotar cuidadosamente todas las condiciones: tiempo de exposición, binning, temperatura de la cámara (debe ser lo más fría posible), estado del cielo (para no vacilar en rehacer las tomas), etc.

4° - Es imperativo observar varias noches diferentes para una doble difícil.

5° - Debemos tener en cuenta que hay parejas que no se "pueden hacer"; por ejemplo, si la componente principal es de tipo espectral A o B, con una gran diferencia de magnitud con la secundaria. Queda ABSOLUTAMENTE prohibido saturar a la componente A, pues los resultados no serán reproducibles ni fiables. Podremos estar en el límite de la saturación, pero SIEMPRE por debajo.

Por supuesto, esta breve descripción, no debe ser tomada como "un ejemplo a seguir" para capturar dobles con un gran delta mV. Describo sólo el método y la configuración que uso, nada más...

F - Discusión.

Si, en general, se observan grandes diferencias de magnitud cuando la componente A es más roja (K) que blanca (A), a veces hay excepciones que no puedo explicar.

Por ejemplo, la doble FYM 336 AC, donde "C" es la tercera componente de STT 441AB, da un delta mV (2) que no está en consonancia con el índice de color (B-V).

¿Quizá el valor de B-V dado por la literatura es diferente en la realidad?

Como podemos ver en el gráfico adjunto, la mejor eficiencia cuántica (60-65% curva de Sony) se centra entre los 450 nm y los 600 nm, que no es otra cosa que el área de la luz visible. A partir de una estrella de tipo G 0,5 hasta las M, la luminosidad disminuye aproximadamente con el cuadrado al pasar de una clase espectral a otra.

Agradecimientos

A Francisco Rica Romero por su impulso, comentarios y estímulo, los cuales me han empujado a realizar este trabajo. ©

Traducido del francés por Edgardo Rubén Masa Martín

[SECCIÓN] ¿Por qué observo **estrellas dobles**?



“ *Me siento orgulloso de ser un observador de estrellas dobles. Disfrutamos de ellas y nos unen, nada podría ser más hermoso.* ”

por

Gianluca Sordiglioni

MI GUSTO POR LAS ESTRELLAS DOBLES es el resultado de un largo proceso de interés por la astronomía. Se podría decir que el cosmos siempre me ha atraído: el espacio, las estrellas, las naves espaciales, los planetas para colonizar... son temas que siempre, de una forma u otra, me han fascinado. Cuando era niño soñaba con viajes espaciales y era un ávido lector de libros de ciencia ficción y, si bien nunca se materializó en algo concreto, desde que recuerdo me ha seducido y he seguido con interés las noticias en los periódicos relacionadas con las sondas planetarias y la exploración espacial.

Hace una década, de repente, surgió en mí el deseo de profundizar en el conocimiento del cielo, así que compré unos prismáticos 20x80. ¡Qué maravilla poder ver todas esas estrellas! No obstante, los primeros días fueron frustrantes: no tenía ni idea de cómo moverme a través de las constelaciones. Aprendí siguiendo el camino más difícil, armado con un atlas y un trípode, saltando de estrella en estrella. Entonces, una noche, estando en un puerto de montaña, observé a simple vista una nebulosidad situada más abajo del Cinturón de Orión. Yo sabía lo que era, pero nunca la

había visto con mis propios ojos: apunté los binoculares en esa dirección y me quedé asombrado. Por primera vez sentí la necesidad de ampliar la imagen, así que me quedé muy frustrado al no poder hacerlo. Ese día decidí que quería comprarme un telescopio, lo que hice un par de meses más tarde: elegí un pequeño refractor apocromático que todavía me acompaña en mis observaciones. En los años siguientes probé con la fotografía de cielo profundo, impulsado por el deseo de captar lo que veía. Aunque conseguí resultados decentes, fue un tema que nunca me enganchó del todo. Era como pintar cuadros de naturalezas muertas, muy bonitos pero requerían tanto trabajo que perdí el interés: las horas dedicadas en el ordenador para procesar las imágenes comenzaban a hacerse pesadas y eso es una mala señal cuando estamos ante una afición. También, por entonces, comencé a preguntarme si podía hacer algo más constructivo con todas aquellas imágenes, algo que fuera útil, pero... ¿qué?

Participando en un foro de astrónomos aficionados de mi país conocí a Alessandro Bertoglio y a partir de ese momento se produjo un gran avance. Alessandro tenía tanto entusiasmo que logró contagiarme



a varios foreros el interés por las estrellas dobles, incluyéndome a mí. Por fin aprendí que, como aficionado, ¿era posible hacer una contribución seria a la ciencia! Con su liderazgo comencé un estudio sistemático de estos objetos, convirtiéndose en una pasión verdadera. La observación visual era mi favorita por entonces y solo después empecé a medir; de hecho, mis primeras medidas datan de hace sólo tres años.

Observar estrellas dobles es como cuando, paseando por una playa, vas recogiendo conchas: casi todas parecen similares pero, si te fijas bien, descubres que todas son diferentes y hermosas. Me pasaba horas admirando el contraste de color de Albireo. ¿Y cómo no quedar encantado con la elegancia de Beta Monocerotis? ¿Cómo no sorprenderte por la duplicidad de la Doble-Doble de Lyra?

Cuando estoy al telescopio con mis queridas dobles me relajo; es por eso que prefiero dobles separadas y no observo a menudo pares que estén al límite de la capacidad de resolución de mi equipo. Por el contrario, cuando trabajo con la cámara CCD busco el desafío de las dobles cerradas o las que no se han medido desde hace muchos años.

En un trabajo reciente he logrado refinar mi técnica de obtención de imágenes y la posterior medición de los ángulos de posición y separaciones entre las componentes: estoy muy satisfecho con los resultados obtenidos. ¡No puedo describir la alegría que sentí al ver mis medidas introducidas en el Washington Double Star Catalog! Es gratificante agregar mi pequeño grano de arena en el panorama general de conocimiento sobre las estrellas dobles.

Navegar entre datos es la tercera razón de mi pasión, casi tanto como los anteriormente descritos. Es por ello que me lancé a desarrollar el sitio StelleDoppie (Double Star Database, DSD), que ya di a conocer

en un número anterior de [el observador de estrellas dobles](#) (ver el n.º 12 de OED), con el propósito de facilitar la consulta de la información disponible para nosotros. Es reconfortante pensar que todo lo que sabemos acerca de las estrellas dobles viene de aquellos que nos precedieron, de la misma manera que las futuras generaciones utilizarán los datos que producimos hoy. Se trata de una larga cadena que une generaciones de observadores.

A veces me encuentro a mí mismo mirando las tablas de datos por el mero hecho de hacerlo: tengo curiosidad por saber acerca de la naturaleza de un sistema, el cálculo de una órbita, las notas añadidas por los observadores. Me gusta descubrir los errores y, cuando lo creo oportuno, envío un correo electrónico para corregir los catálogos.

Este largo proceso de estudio de una doble sería imposible si no se compartiera la información y, por suerte para mí, me he ido encontrando con muchos amigos con la misma pasión, tanto en Italia como en el extranjero. Estoy muy cerca de amigos españoles y esta amistad se fortaleció aún más en la reciente reunión de Vilanova i la Geltrú. ¡Qué experiencia tan maravillosa! Este espíritu de unidad entre los astrónomos aficionados me conmovió y es una razón más para seguir observando estrellas dobles.

A veces, como cuando era un niño, imagino una nave espacial realizando un viaje dentro de quinientos años a un sistema estelar cuya travesía no se podría haber realizado sin nuestros datos.

Me siento orgulloso de ser un observador de estrellas dobles. Disfrutamos de ellas y nos unen, nada podría ser más hermoso. ☺

Traducido del italiano por Juan-Luis Glez. Carballo



¿Cuántas estrellas hay en la vecindad solar?

por

OLEG MALKOV¹ y VLADIMIR SURDIN²

¹Instituto de Astronomía de la Academia Rusa de las Ciencias

²Instituto Astronómico Sternberg de la Universidad Estatal M.V. Lomonósov de Moscú

CUANDO MIRAMOS el cielo nocturno, podemos ver una parte del Universo que rodea al Sistema Solar. ¿Cómo es de grande esta área? ¿Qué objetos somos capaces de ver y cuáles no? ¿Hay muchos de estos objetos invisibles que puedan ser detectados con las modernas herramientas técnicas? Estas no son preguntas ociosas. Durante el siglo XX el límite del Universo observable se trasladó desde los objetos cercanos en la vecindad solar de nuestra galaxia (escalas de distancias del orden de $1 \text{ pc} = 3,0857 \times 10^{16} \text{ m}$) hasta los supercúmulos de galaxias y el área de formación del fondo cósmico de microondas (escalas de distancias del orden de $1 \text{ Gpc} = 3,0857 \times 10^{25} \text{ m}$, correspondiente a escalas de tiempo del orden de 10 mil millones de años). Por lo tanto, las observaciones han cubierto fundamentalmente la región accesible del Universo, dada su edad cosmológica (alrededor de 14 mil millones de años) y la limitación de la velocidad de la luz. Tal logro de la astronomía observacional provoca una cierta euforia y da la impresión de que los objetos de estudio (o, en todo caso, sus principales tipos) están casi completamente agotados.

Un golpe duro para este punto de vista fue el causado por el descubrimiento de la expansión acelerada del Universo, que se cree es producida por un efecto antigravedad de un medio desconocido, llamado provisionalmente "energía oscura". Su contribución a la densidad media de la masa/energía del Universo es de aproximadamente un 68%. Otro 27% se contabiliza en materia oscura, que se manifiesta sólo por la influencia gravitacional en una escala de 100 kpc a 100 Mpc y todavía no se correlaciona con los tipos conocidos de materia. El 5% restante es la densidad total de todos los tipos de materia normal (bariónica), es decir, toda la tabla periódica, incluyendo las partículas no atómicas como neutrinos. En realidad, solo unas pocas centésimas del porcentaje de la energía total del Universo, está justificada por la radiación que detectamos. Por lo

tanto, el 95% del contenido del Universo sigue siendo un misterio incluso en su naturaleza física, por no hablar de su forma. Ni siquiera está claro, dentro de qué objetos (sus propiedades físicas son más

claras que en la energía oscura) se enmarca la materia oscura. El hecho de que hasta hace poco nuestra comprensión de la verdadera composición del Universo fuese tan pobre, nos hace reconsiderar que otras ideas establecidas también lo puedan ser. En particular, tiene sentido para comprobar lo bien que podemos ver a simple vista los objetos espaciales de nuestra vecindad en el cielo nocturno.

Limitaremos nuestro análisis al exterior de la zona del Sistema Solar ($R > 0,5 \text{ pc}$), que se puede llamar "la región de las estrellas fijas". Ningún objeto del Sistema Solar cae a esa área (en cualquier caso, no podría permanecer allí de manera constante debido a la influencia gravitatoria de las estrellas más cercanas, las nubes moleculares gigantes y la Galaxia en su conjunto). Al mismo tiempo, ninguna estrella se detecta ahora a una distancia de $R < 1 \text{ pc}$ del Sol. Por supuesto, las estrellas penetran en esta área de vez en cuando, pero para las estrellas típicas con una velocidad espacial media de 30 km/s, el tiempo característico de la variación del entorno más cercano es muy grande: $t = 1 \text{ pc} / 30 \text{ km/s} = 33 \text{ 000 años}$. Es significativamente mayor que el tiempo característico de evolución de nuestra civilización (2000-3000 años). En cuanto a las estrellas brillantes que son fácilmente accesibles a simple vista, su posición en el cielo está cambiando más

lentamente, con una escala de tiempo de cientos de miles de años. Por lo tanto, el límite interior del universo estelar cubierto por la observación a ojo desnudo en la noche, puede ser considerado como una distancia de aproximadamente 1 pc. Otra cuestión es concretar el límite más alejado de esta región y esto es mucho más complicado. Para responder a esta pregunta podemos analizar la distribución espacial de las estrellas que son visibles a ojo desnudo.

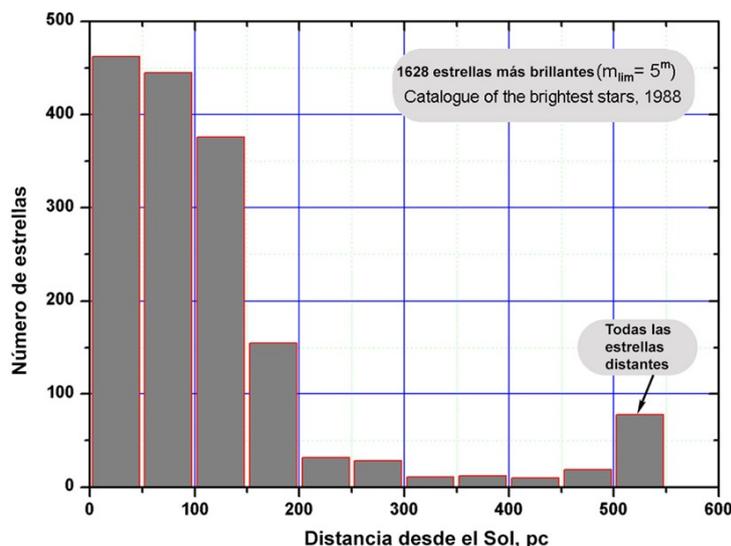


Figura 1. Distancias al Sol de las 1628 estrellas incluidas en "Catalogue of the brightest stars" (Ochsenbein & Halbwachs, 1988). Gráfica cortesía de los autores y editada en español por la redacción.

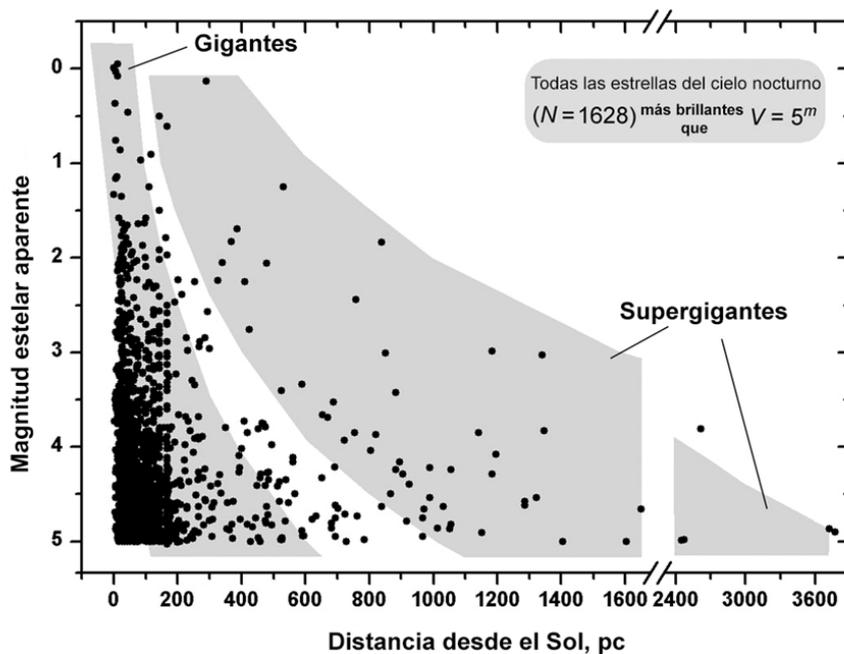


Figura 2. Distribución de 1628 estrellas más brillantes que la 5 magnitud según su distancia y magnitud aparente. Gráfica cortesía de los autores y editada en español por la redacción.

Para analizar la distribución de las estrellas visibles, se ha utilizado el "Catalogue of the Brightest Stars" (Ochsenbein & Halbwachs, 1988). Este catálogo contiene información sobre las distancias, calculadas sobre la base de mediciones astrométricas y fotométricas realizadas por el satélite Hipparcos, incluyendo los parámetros de 1628 estrellas más brillantes que la 5,01 magnitud y actualmente es considerado como una de las fuentes más autorizadas. La distribución de las estrellas catalogadas a lo largo de la distancia al Sol, muestra que el 90% de todas las observadas se encuentran dentro de $R = 240$ pc. Podemos llamar a esta área alrededor del Sol con $R = 240$ pc como "zona visible del Universo" o VAU (por sus siglas en inglés). Analizaremos su contenido y estimaremos el número total de estrellas en VAU (figura 1, página anterior).

La densidad de masa local de la población estelar del disco galáctico en la vecindad solar es $r_0 \approx 0,07 M_{\odot}/\text{pc}^3$ (en adelante M_{\odot} es la masa solar, estimada en $1,989 \times 10^{33}$ g) y la densidad media del número de estrellas es $n_0 \approx 0,1 \text{ pc}^{-3}$. En la escala de R_{VAU} , la variación de la densidad del disco es significativa sólo en la dirección a lo largo del eje de rotación de la Galaxia, es decir, perpendicular al plano del disco. En el modelo de disco exponencial, la altura de escala en la vecindad solar es aproximadamente $z_0 = 300$ pc, por lo tanto, no vamos a cometer un error significativo, suponiendo que la densidad de la población estelar en VAU va a ser homogénea. De esta manera, el número total de estrellas en esta región será de aproximadamente $(4\pi/3) R^3 n_0 \approx 5 \times 10^6$. Por consiguiente, de cinco millones de estrellas que pueblan VAU, vemos sólo alrededor de 1500 estrellas. ¿Dónde está el resto?

Son demasiado débiles. La magnitud absoluta (por definición, el brillo de la estrella a una distancia 10 pc) del Sol es $M_V(\odot) = 4,8^m$. A una distancia de 15 pc, una estrella igual, incluso en ausencia de la absorción interestelar, ya no es visible. La mayoría absoluta de las estrellas en la vecindad solar son enanas rojas, que tienen significativamente una baja luminosidad. Incluso

las más cercanas de ellas no son visibles. Por ejemplo, entre las 40 estrellas más cercanas, que residen en el área dentro de 4,1 pc alrededor del Sol (excluyendo el Sol mismo, así como las enanas blancas y enanas marrones), sólo 8 estrellas se observan visualmente.

El aumento del R_{VAU} conduce a una rápida disminución de la fracción de estrellas visibles con el ojo desnudo. A distancias mayores de 100 pc son visibles en su mayor parte es-

trellas gigantes, y a distancias de más de 800 pc sólo las supergigantes son visibles (figura 2). Además, una población tan grande como las enanas blancas sigue siendo invisible en todas las circunstancias para el observador. Otros objetos de la etapa final en la evolución, como las estrellas de neutrones y agujeros negros, son aún más invisibles.

El total de enanas blancas, tanto las azules jóvenes como las frías estrellas "negras", muestra que la densidad media de sus números en la vecindad solar es $(0,02 \div 0,07) \text{ pc}^{-3}$. Esto es consistente con la estimación del número esperado de las enanas blancas, que se basa en la teoría de la evolución estelar. Por lo tanto, podemos suponer, como se hace ahora en los problemas de la astronomía estelar, que el número total de enanas blancas de todas las edades es de aproximadamente el 30% del número de estrellas de la secuencia principal. En la región visible del Universo que nos da el número total de enanas blancas es aproximadamente:

$$(4\pi/3) R^3_{\text{VAU}} 0,03 \text{ pc}^{-3} \approx 1,7 \times 10^6$$

Hay que tener en cuenta que ninguna de las enanas blancas se puede ver a ojo desnudo. La más brillante, la famosa Sirio B, tiene una magnitud visual de tan sólo 8,4.

Los objetos con masa sub-estelar, como enanas marrones y planetas, no se han considerado en este estudio. ☺

Referencias

Ochsenbein, F., Halbwachs, J. L., 1987, *Catalogue of the brightest stars*, Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires, vol. 32, p. 83.

Reseña sobre los autores en la página siguiente (N. del E.)

Traducido del inglés por Rafael Benavides Palencia

¿Cuántas estrellas hay en la Galaxia?

por

VLADIMIR SURDIN¹ y OLEG MALKOV²

¹Instituto Astronómico Sternberg de la Universidad Estatal M.V. Lomonósov de Moscú

²Instituto de Astronomía de la Academia Rusa de las Ciencias

ES IMPOSIBLE contar el número total de estrellas que hay en la Galaxia de forma directa, ya que la mayoría de ellas se concentran en el disco galáctico y se esconden de nosotros con una gruesa capa de polvo interestelar. El grado de imperfección de nuestros datos en la galaxia estelar se demuestra por el siguiente hecho: los catálogos astronómicos más completos contienen información de alrededor de mil millones de estrellas, mientras que hay por lo menos 100 mil millones de estrellas en la Galaxia.

Sin embargo, ¿cómo se consigue esta cifra de 100 mil millones? Es una estimación indirecta basada en la suposición de que la población estelar de la vecindad solar es típica de toda la galaxia. Al principio, se puede estimar la luminosidad total de la Galaxia, que caracteriza a la luminosidad total de todas las estrellas de la Galaxia. Entonces se puede calcular la masa total de la población estelar de la Galaxia, utilizando la relación masa-luminosidad medida para un conjunto de estrellas en la vecindad solar. Por último, la masa total de la población estelar de la Galaxia se divide por la masa media de una estrella típica, obteniendo así una estimación para el número de estrellas en la Galaxia. Hay un poco de incertidumbre en cada uno de estos pasos, es por eso que el resultado final obtenido por diferentes investigadores puede variar de una y media a dos veces.

Para estimar la luminosidad total de la Galaxia se utilizan mediciones en el rango del espectro infrarrojo, el menos sensible a la absorción interestelar. Un nuevo cálculo de estas medidas en el

rango visual da la magnitud absoluta de la Galaxia $M_V(MW) = -20,9^m$. Conociendo la magnitud absoluta del Sol $M_V(\odot) = 4,8^m$, es fácil encontrar la luminosidad visual de la Galaxia en unidades solares ($L_\odot \approx 4 \times 10^{26}$ W): resulta un valor de $2 \times 10^{10} L_\odot$. De acuerdo a diferentes autores, una relación masa-luminosidad típica de la población del disco galáctico (estrellas + gas) en la vecindad solar es $M/L \approx (2-5) M_\odot/L_\odot$. Si asumimos el valor de $M/L = 3,5$ para la Galaxia como un todo, entonces la masa de la materia atómica normal (bariónica) en la Galaxia es de aproximadamente $7 \times 10^{10} M_\odot$. Dado que la masa total del gas interestelar es sólo un pequeño porcentaje de la masa de la Galaxia, el valor obtenido anteriormente puede ser considerado como la masa total de las estrellas en la Galaxia. En la vecindad solar la masa media de la estrella está cerca de $0,3 M_\odot$, por lo que el número total de estrellas en la Galaxia se estima en 2×10^{11} , es decir, doscientos mil millones. La mayoría de los estudios en los últimos años ofrecen exactamente este número, aunque no podemos dar fe de su alta precisión: es posible que mediciones futuras cambiarán en una y media o incluso dos veces su valor. ©

Traducido del inglés por Rafael Benavides Palencia



Oleg Malkov (Moscú, 1961) es un astrónomo que actualmente trabaja en el Instituto de Astronomía de la Academia Rusa de Ciencias (INASAN). Desde 1984 ha desempeñado trabajos de investigación y docencia en Moscú, Estrasburgo o Barcelona, así como también ha participado como astrónomo invitado en otros muchos observatorios colaborando en diversos programas de investigación. Además, es miembro de la Sociedad Europea de Astronomía, Unión Astronómica Internacional, Sociedad Astronómica Euro-Asiática, Consejo Científico de la Academia Rusa de Astronomía y del Comité Nacional de Astrónomos Rusos. Ha publicado cientos de artículos e impartido numerosas conferencias a lo largo de todo el mundo (malkov@inasan.ru).



Vladimir G. Surdin (1953) Astrónomo perteneciente al Instituto Astronómico Sternberg de la Universidad Estatal M.V. Lomonósov de Moscú. Desde 1979 ha trabajado como investigador en dicho centro, colaborando como astrónomo invitado en otros observatorios de Estados Unidos e Italia. Es miembro de la Sociedad Europea de Astronomía, Sociedad Astronómica Euro-Asiática y la Unión Astronómica Internacional. Ha publicado más de 100 trabajos de investigación, más de mil artículos de divulgación, así como más de 30 libros traducidos a diferentes idiomas, entre ellos el español (surdin@sai.msu.su).