



Federación de Asociaciones
Astronómicas de España



Proyecto OLED Ocultaciones Lunares de Estrellas Dobles

**ANALISIS de la OCULTACIÓN RASANTE DE J06200+2826
(19 Agosto 2006) por miembros de la AGRUPACIÓN
ASTRONÓMICA DE SABADELL
ver 1 (17 mayo 2023)**

Enrique Velasco – enrique.velasco@uam.es
Revisado y corregido por Ricard Casas (15 mayo 2023)

En este documento analizamos la ocultación lunar rasante de la estrella triple J06200+2826 (SAO 78233), observada por miembros de la Agrupación Astronómica de Sabadell el 19 de agosto de 2006. A partir de los instantes de contacto se puede deducir la astrometría absoluta de las estrellas, y de ahí los parámetros de los pares AB y AB,C. Los resultados concuerdan con la órbita (conocida) de AB, y son compatibles con las medidas disponibles para AB,C. Esta observación nos ha permitido poner a punto el software necesario para reducir y analizar ocultaciones lunares rasantes de estrellas doble y múltiples de forma casi automatizada.

Introducción

El 19 de agosto de 2006, hacia las 04:20 UTC, miembros de la Agrupación Astronómica de Sabadell realizaron una observación múltiple de la ocultación rasante de la estrella triple J06200+2826 (SAO 78233). Ocho miembros de esta sociedad se dispusieron a lo largo de una línea imaginaria que abarcaba unos 1300 m al sur de la línea teórica norte, límite de la ocultación. En aquellos años estas observaciones eran muy importantes, ya que servían para mejorar el conocimiento del limbo lunar. En la actualidad podemos aplicar métodos basados en las efemérides lunares más modernas y el perfil lunar obtenido a partir de la altimetría del orbitador LRO para extraer información sobre la astrometría relativa de las componentes de la estrella doble.

Una cuestión singular de esta estrella es que se trata de un sistema triple jerárquico, ABC, con una órbita del sistema AB bien establecida, de amplitud $\sim 0.2''$, y una segunda órbita de C alrededor de AB de amplitud mucho mayor, $\sim 2.9''$, y por tanto de periodo más largo, por lo que esta última órbita no es conocida (existen pocas medidas y restringidas a un pequeño arco). Sin embargo, su carácter físico es indudable, dado que las paralajes de todas las estrellas son similares. A partir de una sugerencia de Ricard Casas, que participó en esta observación, y con material suministrado por él, hemos hecho un análisis de la ocultación utilizando el perfil lunar obtenido de los datos de LOLA/LRO, y centrándonos, no en el limbo, que damos por bueno, sino en la posición de las tres componentes. Tratando cada componente como una estrella individual, optimizamos sus posiciones utilizando un método de mínimos cuadrados sobre los valores de O–C calculados a partir de las observaciones.

Rotación y orientación de la Tierra

Para hacer los cálculos necesitamos los valores de UT1 y los ángulos que describen la orientación del polo terrestre (movimiento polar). Consultando en la base de datos del IERS, en la sección “Long term earth orientation data” (archivo EOP_14_C04_IAU2000A_one_file_1962-now.txt), obtenemos, interpolando:

$$x = 0.0978'', \quad y = 0.2564'', \quad \text{UTC} - \text{UT1} = -0.1753\text{s} \quad (1)$$

válidos para las 4h 20m UTC (todas las cifras mostradas son correctas durante la duración del evento). La diferencia entre TT y UTC era, en la fecha de la ocultación, $\text{TT} - \text{UTC} = 65.184\text{s}$.

Posiciones de los observadores

La base de datos de ocultaciones lunares reporta los siguientes observadores y posiciones geográficas:

Acrónimo	Nombre	λ	φ	h
JOL	Joan López y Lluís Xifra	+3° 08' 26.6''	+42° 01' 56.3''	5m
JOR	Joan Rovira y Antoni Selva	+2° 08' 32.2''	+41° 34' 08.3''	191m
MON	Montse Ribell y Xavier Puig	+2° 05' 28.3''	+41° 32' 18.6''	184m
MIG	Miguel Guillén	+2° 04' 07.0''	+41° 31' 36.0''	220m
CAS	Carles Schnabel y Antoni Selva	+1° 51' 13.4''	+41° 25' 45.4''	220m

En el número de ASTRUM donde apareció el artículo sobre la ocultación (proporcionado por Ricard Casas al autor), se muestran dos estaciones más, cuyos datos no aparecen en la base de datos puesto que una de ellas estaba al norte de la línea límite y no vio la ocultación, mientras que la otra no pudo grabar por problemas técnicos. Los valores de las coordenadas geodésicas de la tabla se refieren al ETRS89, que difería en menos de 1 m del WGS84 hacia el año 2006. En los cálculos se ha asumido este último como datum.

Contactos

La base de datos de ocultaciones lunares reporta los contactos que aparecen en la tabla de las páginas 5 y 6. Incluyen el UTC del instante de cada contacto, el acrónimo del observador, la componente de

la estrella a la que se refiere el contacto, y el tipo de evento: D para una desaparición, R para una reaparición, F para un evento flash, y B para un evento blink. En estos dos últimos casos la base de datos no incluye la duración del evento, por lo que suponemos que se trata de un evento tangencial en el limbo y por tanto susceptible de tratarse como contacto. Hemos eliminado los eventos de tipo S (inicio de un periodo de toma de datos), y E (final de un periodo de toma de datos). Se incluye un código que indica la técnica de grabación de tiempos: V para visual, y A para vídeo analógico con inserción de tiempos GPS.

Perfiles de los limbos lunares

Calculamos los limbos lunares para cada observador utilizando los datos de LOLA/LRO y las efemérides lunares DE430 del JPL para la posición y orientación de la Luna. Usamos como fecha de cálculo la fecha promedio de los contactos reportados por cada observador. En el Apéndice A se incluye una figura que representa los diferentes limbos, utilizando como eje horizontal el ángulo de posición sobre el limbo γ , medido desde la dirección del polo norte celeste hacia el este, y como eje vertical la distancia radial, medida en $''$ y tomando como cero el limbo de la Luna de referencia. Los limbos de los observadores son muy parecidos, ya que la única diferencia viene del desplazamiento en el ángulo de posición debido a las diferentes posiciones geográficas y a las diferentes horas (las diferencias entre observadores en cuanto a la secuencia de la ocultación se originan en la diferente perspectiva con la que observa la Luna proyectada en el cielo, debido a la paralaje). En la figura se han desplazado los limbos en unidades de $1''$ por claridad. También se incluyen los valores de O–C para cada contacto y cada observador (utilizando las posiciones optimizadas de las estrella; ver más adelante). Los perfiles lunares coinciden aproximadamente con los mostrados en el número de ASTRUM, mucho más tosco puesto que se basaba en las Cartas de Watts.

Datos sobre las estrellas

La información sobre las tres componentes de la estrella la hemos obtenido a partir del catálogo de SIMBAD y del catálogo WDS (a través de los datos mostrados en www.stelledoppie.it).

Las coordenadas de las componente AB (HD 43885), obtenida de SIMBAD, son:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 06^{\text{h}}19^{\text{s}}58.9554^{\text{s}} \\
 \delta &= +28^{\circ}25'36.162'' \\
 \mu_{\alpha} &= -10.10 \text{ mas/año} \\
 \mu_{\delta} &= -54.71 \text{ mas/año} \\
 v_r &= 5.0 \text{ km/s} \\
 p &= 7.52 \text{ mas.} \tag{2}
 \end{aligned}$$

Estas coordenadas provienen del catálogo Tycho-2, a su vez una nueva reducción de los datos de Hipparcos y una mejora del catálogo Tycho-1. Se refieren al sistema de referencia ICRS y a la época J2000.0, si bien son datos de Hipparcos, originalmente medidos en otra época, J1991.5. Utilizando los valores de los movimientos propios medidos (que supuestamente tienen una incertidumbre de 2.5 mas/año), SIMBAD propaga las coordenadas hasta J2000.0. Este tipo de maniobras no tienen consecuencias para estrellas individuales con movimientos propios lineales, pero en el caso de estrellas ligadas sí los pueden tener, debido a los movimientos relativos de las componentes respecto a su centro de masas. El efecto puede ser especialmente indeseable si el periodo de las órbitas involucradas es rápido. En este caso, puesto que el catálogo Tycho-2 no es capaz de discriminar fuentes por debajo de $0.8''$, esta discusión no es relevante, y tan sólo nos queda asociar estas coordenadas a la posición de ambas componentes del par AB, que tomamos como coordenadas de referencia en la época de la observación de la ocultación, J2006.63. La optimización de las posiciones, usando los valores de O–C de los contactos, nos permitirá obtener las coordenadas de cada componente separadamente a partir de estas coordenadas comunes, que nos sirven para iniciar el proceso iterativo de optimización.

UTC	acrónimo	comp.	evento	técnica
04:24:03.619	CAS	C	D	V
04:24:04.799	CAS	C	R	V
04:24:09.720	CAS	B	D	V
04:24:11.900	CAS	B	R	V
04:24:15.799	CAS	B	D	V
04:24:16.100	CAS	B	R	V
04:24:16.180	CAS	B	D	V
04:24:16.740	CAS	B	R	V
04:24:21.459	CAS	B	D	V
04:24:24.360	CAS	B	F	V
04:24:28.839	CAS	B	F	V
04:24:29.100	CAS	B	R	V
04:24:40.459	CAS	B	D	V
04:24:41.980	CAS	B	F	V
04:24:42.500	MIG	B	R	A
04:24:43.010	CAS	B	R	V
04:24:43.700	CAS	B	D	V
04:24:44.439	CAS	C	D	V
04:24:44.700	MIG	B	D	A
04:24:44.899	MIG	A	D	A
04:24:46.700	MIG	A	R	A
04:24:55.799	CAS	C	R	V
04:25:03.000	CAS	C	D	V
04:25:05.799	MIG	A	D	A
04:25:11.880	CAS	A	D	V
04:25:12.000	MOR	A	D	V
04:25:22.500	MIG	A	R	A
04:25:22.700	MIG	A	D	A
04:25:23.800	MIG	A	R	A
04:25:24.000	MOR	A	R	V
04:25:25.799	MIG	A	D	A
04:25:28.759	CAS	C	R	V
04:25:30.640	CAS	C	B	V
04:25:30.720	CAS	A	R	V
04:25:32.000	MOR	A	D	V
04:25:33.239	JOR	C	D	A
04:25:36.199	CAS	C	D	V
04:25:37.800	JOR	B	D	A
04:25:38.500	CAS	C	F	V
04:25:39.340	CAS	B	R	V
04:25:40.880	CAS	B	D	V
04:25:45.000	JOR	A	D	A
04:25:45.149	JOR	C	D	A
04:25:46.200	CAS	A	D	V
04:25:46.760	JOR	C	R	A
04:25:47.079	CAS	C	R	V
04:25:48.700	CAS	C	D	V
04:25:48.760	JOR	A	R	A
04:25:48.799	CAS	C	R	V
04:25:48.920	CAS	C	D	V
04:25:49.059	CAS	C	R	V
04:25:49.679	CAS	A	R	V
04:25:51.320	JOR	A	D	A
04:25:52.120	JOR	A	R	A
04:25:53.440	CAS	C	D	V
04:25:54.300	MIG	A	F	A
04:25:55.000	MIG	A	F	A
04:25:56.569	JOR	B	R	A
04:25:56.900	MIG	A	R	A
04:25:56.000	MOR	A	R	V
04:25:57.799	CAS	C	R	V

UTC	acrónimo	comp.	evento	técnica
04:25:57.000	MIG	B	R	A
04:26:00.800	MIG	B	D	A
04:26:01.000	MIG	A	D	A
04:26:04.000	MOR	A	D	V
04:26:05.999	MOR	A	R	V
04:26:07.000	MOR	A	D	V
04:26:09.779	CAS	B	R	V
04:26:12.359	JOR	B	D	A
04:26:13.759	CAS	B	D	V
04:26:15.000	MOR	A	R	V
04:26:15.140	CAS	B	R	V
04:26:15.640	JOR	B	R	A
04:26:22.000	MOR	A	D	V
04:26:22.340	CAS	B	D	V
04:26:23.000	MOR	A	R	V
04:26:25.720	CAS	B	R	V
04:26:42.439	CAS	B	B	V
04:27:13.439	JOL	B	D	A
04:27:17.929	JOL	B	R	A
04:27:20.559	JOL	B	D	A
04:27:21.320	JOL	B	R	A

Con respecto a la componente C, existe una entrada separada para HD 43885C, también del catálogo Tycho-2:

$$\begin{aligned}
\alpha &= 06^{\text{h}}19^{\text{m}}58.756^{\text{s}} \\
\delta &= +28^{\circ}25'36.02'' \\
\mu_{\alpha} &= +11.3 \text{ mas/año} \\
\mu_{\delta} &= -31.0 \text{ mas/año.}
\end{aligned} \tag{3}$$

Si bien no se proporciona paralaje, la tomamos igual a la de las componentes AB.

Optimización y astrometría absoluta

Obtenemos valores optimizados de las posiciones de las tres componentes a base de aplicar un esquema de mínimos cuadrados separadamente para cada componente, minimizando la función

$$S(\alpha, \delta) = \sum_{i=1}^n w_i [(O - C)_i]^2, \tag{4}$$

numéricamente y usando un método de Gauss-Newton para resolver las ecuaciones de mínimo,

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial \delta} = 0. \tag{5}$$

n es el número de contactos, y $(O - C)_i$ el valor de observado—calculado para cada observación, que es función de las coordenadas (α, δ) de la estrella cuya posición se optimiza. Los pesos relativos w_i de cada observación se ajustan arbitrariamente según la técnica de observación utilizada, ya sea visual ($w = 0.5$) o por vídeo ($w = 1$). Las coordenadas (α, δ) son las asociadas a la fecha J2006.63, no a la de referencia del catálogo Tycho-2.

Los resultados se presentan en el Apéndice B, para cada componente por separado. Por ejemplo, para la componente A, el O—C medio (en realidad el valor en el mínimo de $S(\alpha, \delta)$, dividido entre el número de observaciones y luego extrayendo la raíz cuadrada), se reduce desde $0.676''$ para la posición inicial, obtenido con los valores de la Ecn. (2), hasta $0.025''$, a partir de la posición optimizada. Esto implica un desplazamiento de $-0.113''$ en ascensión recta y de $+0.675''$ en declinación desde la

posición original. Los resultados son similares en orden de magnitud para las otras dos componentes. Los resultados son además robustos con respecto a las posiciones iniciales de las estrellas dentro de un margen de $\pm 1''$ para ambas coordenadas (debido a la multitud de contactos en las ocultaciones rasantes, este margen es más estricto que en las ocultaciones normales, ya que en las primeras las ecuaciones de mínimo poseen múltiples soluciones parecidas que requieren un muestreo Monte Carlo con objeto de poder discriminar entre ellas y elegir la más óptima; este estudio no ha sido necesario en este caso, siendo las aproximaciones iniciales de las Ecns. (2) y (3) suficientes para que el proceso converja a una solución correcta). Las incertidumbres estadísticas son de unos pocos mas (milisegundos de arco); téngase en cuenta que estas incertidumbres no incluyen la propagación de errores en las estimaciones temporales de los contactos, al ser éstas difíciles de evaluar por falta de información sobre las medidas originales.

En la figura del Apéndice A se incluyen los valores de O–C obtenidos para los contactos calculados usando las posiciones optimizadas de las estrellas, medidos desde el nivel de referencia de la superficie lunar y comparadas con el perfil lunar de cada observador. Téngase en cuenta que los contactos proceden desde la derecha hacia la izquierda en orden temporal. Idealmente los contactos calculados deberían coincidir exactamente con la superficie lunar. Algunos puntos se desplazan ligeramente, debido a todos los errores arrastrados desde la observación (principalmente) hasta el resultado final a través del proceso numérico. En general el acuerdo es muy bueno y, salvo casos aislados, la secuencia de eventos sigue un patrón lógico de acuerdo con el perfil del limbo, lo que da cuenta de la consistencia del procedimiento.

Órbita y astrometría relativa

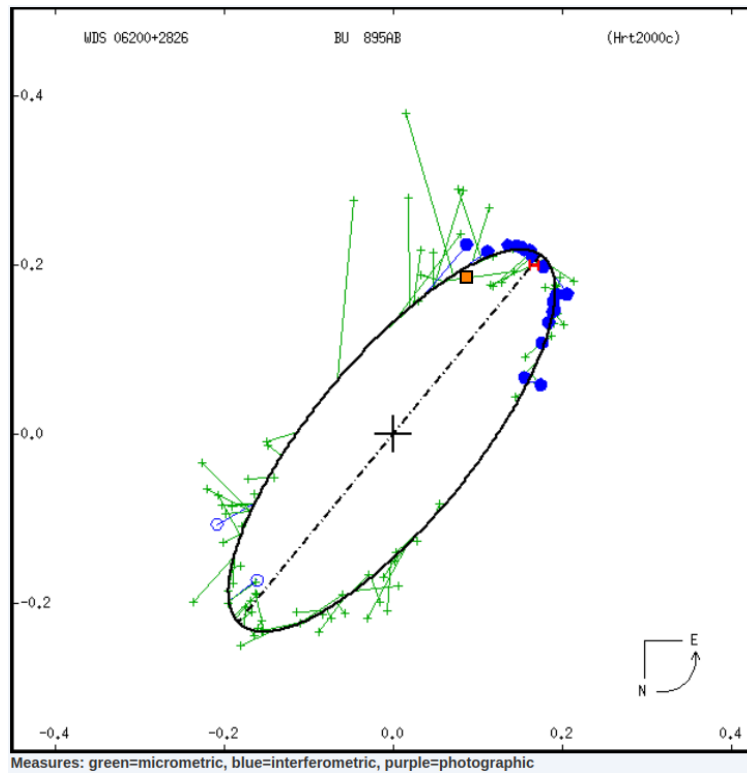
Una vez optimizadas las posiciones de las tres componentes, (α_A, δ_A) , (α_B, δ_B) y (α_C, δ_C) , obtenemos los parámetros de las dobles AB y AB,C aplicando trigonometría esférica. Por ejemplo, para el par AB, tenemos:

$$\begin{aligned} \cos \rho &= \sin \delta_A \sin \delta_B + \cos \delta_A \cos \delta_B \cos (\alpha_B - \alpha_A), \\ \tan \theta &= \frac{\cos \delta_B \sin (\alpha_B - \alpha_A)}{\sin \delta_B \cos \delta_A - \cos \delta_B \sin \delta_A \cos (\alpha_B - \alpha_A)}. \end{aligned} \quad (6)$$

Los valores obtenidos, $\rho = 0.205''$ y $\theta = 154.46^\circ$, se muestran en el Apéndice C junto con las coordenadas (x, y) . Las incertidumbres se obtienen por propagación de errores en las anteriores ecuaciones. La órbita del sistema AB se encuentra bien establecida (ver www.stelledoppie.it), y se muestra en la figura adjunta, junto con las medidas conocidas para esta estrella doble utilizando diferentes técnicas. La medida derivada de la ocultación rasante (símbolo cuadrado en naranja) concuerda muy bien con la órbita y en principio parece de calidad comparable a los resultados obtenidos mediante interferometría speckle. La barra de error en la dirección EW es igual a la anchura del símbolo, y algo menor en la dirección NS.

Resulta interesante la medida indicada como un segmento en rojo, realizada mediante una técnica en principio desconocida (habría que indagar con detalle en la base de datos de WDS, que no es de acceso directo sino que requiere consultas bajo petición), ya que coincide con la fecha de la ocultación objeto de este trabajo. La medida en rojo está conectada con la órbita mediante el segmento en verde que pasa por detrás del símbolo naranja, y que también se aplica a este último ya que la fecha es la misma en ambas medidas. Sin descartar otro origen, especulamos sobre la posibilidad de que sea una medida obtenida de una anterior reducción de esta misma ocultación, ya que los datos en la base de datos histórica de ocultaciones (Herald & Gault, 2022) llevan asociados unos valores de O–C relativamente pequeños (aunque mayores a los aquí calculados en un 50% en promedio), lo cual apuntaría a una optimización de la astrometría similar a la efectuada en este trabajo. Sin embargo, no hemos podido encontrar referencias de una tal optimización en ninguna de las fuentes tradicionales sobre observación de estrellas dobles (a falta de una consulta a la base de datos de WDS que será reportada en una próxima versión de este documento), y cabe la posibilidad de que esta reducción se base en coordenadas fijas obtenidas con la mejor estimación posicional disponible incluyendo el

movimiento orbital. Obviamente la optimización de la astrometría y la deducción de parámetros de una estrella doble es un valor central del presente análisis.



En el caso del sistema AB,C hemos medido los parámetros ρ y θ con respecto a la componente A. Las medidas, $\rho = 3.066''$ y $\theta = 261.94^\circ$, comparan bien con los valores obtenidos en la última estimación (2018), a saber $\rho = 2.9''$ y $\theta = 265^\circ$ (un punto a investigar es si esta estimación toma como referencia la componente A u otra asociado al par AB). Hay que tener en cuenta que en los 191 años transcurridos desde el descubrimiento de esta doble en 1827, la separación prácticamente no ha variado, mientras que el ángulo de posición sólo ha aumentado en 10° (insuficiente para el cálculo de la órbita).

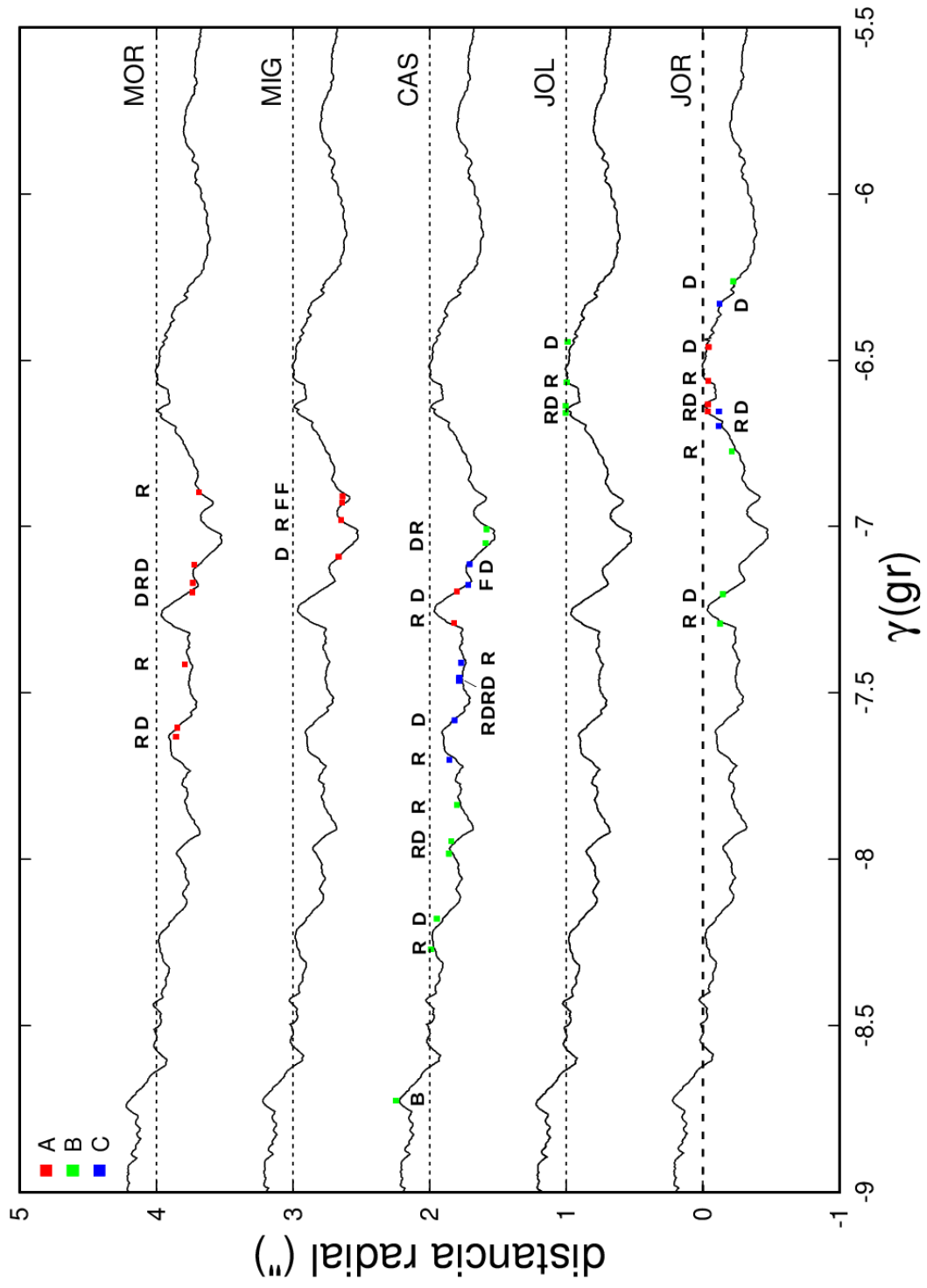
Los resultados finales se muestran en la siguiente tabla.

	AB	AC
ρ	$0.205'' \pm 0.002''$	$3.066'' \pm 0.006''$
θ	$154.5^\circ \pm 0.1^\circ$	$261.94^\circ \pm 0.02^\circ$

Conclusión

Las medidas astrométricas de estrellas dobles se pueden realizar a partir de la estimación de las posiciones absolutas de las componentes utilizando observaciones de ocultaciones lunares. En el caso de ocultaciones no rasantes, es necesario combinar medidas de varios observadores de la misma ocultación o de otras ocultaciones en fechas distintas (aunque no demasiado distantes en el tiempo). Cuantas más observaciones se utilicen en el análisis mayor será la precisión. Las ocultaciones rasantes, aunque mucho menos frecuentes, son una oportunidad de hacer una estimación de la astrometría con gran precisión, debido a los múltiples contactos registrados. Es de destacar la gran calidad de las medidas observacionales utilizadas en el presente trabajo, muchas de las cuales se realizaron visualmente, y la correcta extracción de los contactos y la naturaleza de las componentes implicadas a partir de las curvas de luz grabadas. Es de esperar que las observaciones actuales, realizadas exclusivamente con medios electrónicos, den lugar en el futuro incluso a mejores resultados que los reportados aquí.

Apéndice A



Apéndice B

Optimizacion de J06200+2826

Optimizacion de componente A

17 contactos

Reduccion con posicion inicial

obs	PA_cont	0-C
1 JOR	-6.459g	0.693"
2 CAS	-7.194g	0.679"
3 JOR	-6.561g	0.687"
4 CAS	-7.289g	0.721"
5 JOR	-6.631g	0.690"
6 JOR	-6.652g	0.683"
7 MIG	-6.908g	0.636"
8 MIG	-6.927g	0.650"
9 MIG	-6.979g	0.677"
10 MOR	-6.896g	0.671"
11 MIG	-7.091g	0.677"
12 MOR	-7.114g	0.643"
13 MOR	-7.169g	0.646"
14 MOR	-7.196g	0.695"
15 MOR	-7.413g	0.633"
16 MOR	-7.604g	0.676"
17 MOR	-7.631g	0.730"

0-C promedio: 0.676"

Optimizacion en 16 iteraciones con tolerancia 0.00002"

Reduccion con posicion optimizada

obs	PA_cont	0-C
1 JOR	-6.460g	0.019"
2 CAS	-7.195g	0.007"
3 JOR	-6.562g	0.008"
4 CAS	-7.290g	0.041"
5 JOR	-6.632g	0.019"
6 JOR	-6.654g	0.006"
7 MIG	-6.909g	-0.043"
8 MIG	-6.928g	-0.021"
9 MIG	-6.980g	-0.001"
10 MOR	-6.897g	-0.006"
11 MIG	-7.091g	0.004"
12 MOR	-7.115g	-0.029"
13 MOR	-7.169g	-0.030"
14 MOR	-7.197g	0.023"
15 MOR	-7.414g	-0.043"
16 MOR	-7.604g	0.001"
17 MOR	-7.632g	0.055"

0-C promedio: 0.025"

	hh.mmsssss	gg.mmsssss	
Posicion inicial	: 6.19589755	28.2535535	
Posicion optimizada:	6.19589679	28.2536210	(J2006.630)
dRA, dDEC	: -0.113"	0.675"	(0.685")
Uncertainties	: 0.004"	0.001"	

 Optimizacion de componente B

19 contactos

Reduccion con posicion inicial

obs	PA_cont	O-C
1 JOR	-6.264g	0.551"
2 CAS	-7.009g	0.517"
3 CAS	-7.051g	0.535"
4 JOR	-6.775g	0.525"
5 MIG	-6.983g	0.740"
6 MIG	-7.087g	0.744"
7 CAS	-7.839g	0.536"
8 JOR	-7.205g	0.560"
9 CAS	-7.947g	0.530"
10 CAS	-7.985g	0.533"
11 JOR	-7.294g	0.509"
12 CAS	-8.181g	0.522"
13 CAS	-8.273g	0.530"
14 JOR	-7.684g	0.428"
15 CAS	-8.727g	0.531"
16 JOL	-6.446g	0.518"
17 JOL	-6.568g	0.549"
18 JOL	-6.639g	0.528"
19 JOL	-6.659g	0.522"

 O-C promedio: 0.558"

Optimizacion en 15 iteraciones con tolerancia 0.00002"

Reduccion con posicion optimizada

obs	PA_cont	O-C
1 JOR	-6.260g	-0.010"
2 CAS	-7.004g	-0.020"
3 CAS	-7.046g	-0.027"
4 JOR	-6.771g	-0.021"
5 MIG	-6.979g	0.194"
6 MIG	-7.082g	0.174"
7 CAS	-7.833g	-0.015"
8 JOR	-7.200g	-0.016"
9 CAS	-7.942g	-0.038"
10 CAS	-7.979g	-0.011"
11 JOR	-7.289g	-0.014"
12 CAS	-8.175g	-0.040"
13 CAS	-8.267g	-0.016"
14 JOR	-7.679g	-0.108"
15 CAS	-8.722g	-0.026"
16 JOL	-6.442g	-0.032"
17 JOL	-6.563g	0.003"
18 JOL	-6.634g	-0.049"
19 JOL	-6.654g	-0.025"

 O-C promedio: 0.076"

	hh.mmsssss	gg.mmsssss
Posicion inicial	: 6.19589739	28.2535457
Posicion optimizada:	6.19589746	28.2536025 (J2006.630)
dRA, dDEC	: 0.010"	0.568" (0.568")
Uncertainties	: 0.004"	0.001"

Optimizacion de componente C

12 contactos
Reduccion con posicion inicial

obs	PA_cont	0-C
1 JOR	-6.309g	0.468"
2 CAS	-7.093g	0.502"
3 CAS	-7.155g	0.525"
4 JOR	-6.633g	0.638"
5 JOR	-6.677g	0.540"
6 CAS	-7.389g	0.527"
7 CAS	-7.433g	0.516"
8 CAS	-7.436g	0.517"
9 CAS	-7.439g	0.516"
10 CAS	-7.443g	0.516"
11 CAS	-7.563g	0.491"
12 CAS	-7.681g	0.559"

0-C promedio: 0.533"

Optimizacion en 19 iteraciones con tolerancia 0.00002"

Reduccion con posicion optimizada

obs	PA_cont	0-C
1 JOR	-6.330g	-0.012"
2 CAS	-7.113g	0.022"
3 CAS	-7.175g	0.017"
4 JOR	-6.654g	0.087"
5 JOR	-6.698g	-0.024"
6 CAS	-7.409g	-0.032"
7 CAS	-7.453g	-0.016"
8 CAS	-7.456g	-0.017"
9 CAS	-7.459g	-0.018"
10 CAS	-7.463g	-0.021"
11 CAS	-7.582g	0.011"
12 CAS	-7.701g	-0.050"

0-C promedio: 0.039"

	hh.mmsssss	gg.mmsssss	
Posicion inicial	: 6.19587675	28.2535281	
Posicion optimizada:	6.19587378	28.2535780	(J2006.630)
dRA, dDEC	: -0.445"	0.499"	(0.668")
Uncertainties	: 0.007"	0.001"	

Apéndice C

AB - parametros iniciales

rho = 0.081"
theta = 195.14"
x = -0.078"
y = -0.021"

AB - parametros finales

rho = 0.205"
theta = 154.46"
x = -0.185"
y = 0.088"

AC - parametros iniciales

rho = 2.756"
theta = 264.71"
x = -0.254"
y = -2.744"

AC - parametros finales

rho = 3.066"
theta = 261.94"
x = -0.430"
y = -3.035"