

Ocultaciones Lunares de Estrellas Dobles

<https://sites.google.com/aam.org.es/oled/>

Boletín OLED N° 2 – 28 de enero de 2023

El proyecto OLED ha arrancado con lentitud, debido sin duda a que las condiciones meteorológicas de las últimas semanas no han sido óptimas. Los observadores participantes cubren ya una buena porción del territorio, pero nos faltan observadores en el sur de la península, en Canarias y en las Islas Baleares. Esperemos que el proyecto se expanda poco a poco y podamos incorporar a más y más observadores. Aparte de las ocultaciones de estrellas individuales que se han medido y que son bienvenidas, ya se han podido medir varias ocultaciones de estrellas dobles. Estamos actualmente realizando su análisis, que será necesariamente parcial por cuanto que la mayoría de ellas no han podido ser observadas con éxito por el número de observadores necesario. En este Boletín de **febrero de 2023** repasamos los objetivos del mes, presentamos los primeros resultados de O-C, y también discutimos algunas generalidades del proceso básico de reducción.

Objetivos para febrero 2023

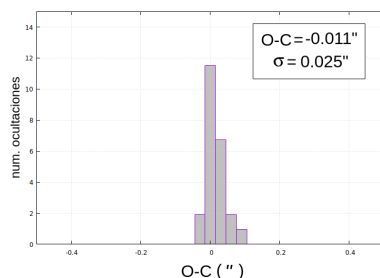
Las fechas en rojo son los objetivos que pueden presentar mayor complicación observacional; aquellos en color verde deberían ser más asequibles. El campo **Dist.** es la distancia radial del contacto al terminador en $''$, una medida de dificultad de la observación. Las horas UTC corresponden a Madrid. Más información sobre estos y otros eventos para cualquier posición se puede encontrar en el enlace [PREDICCIONES](#) de la página web.

En este número...

- **Objetivos para febrero 2023**
- **Primeros resultados**
- **Últimas observaciones**
- **Ocultaciones y astrometría**

Primeros resultados

Se ha realizado un análisis preliminar de algunas de las ocultaciones observadas hasta ahora. El gráfico muestra un histograma de los O-C (ver página siguiente) de 24 ocultaciones de estrellas individuales.



Los datos resumen resultados de todos los observadores que han participado hasta ahora, e indica la calidad que podemos esperar en los futuros análisis de posiciones y parámetros de estrellas dobles. Aunque aún hay pocos datos, los resultados son prometedores, con un valor $\sigma = 25$ mas (milisegundos de arco) en la dispersión de resultados, y un valor medio (11 mas) próximo a cero. Estos valores indican que el proceso de reducción es correcto, aunque aun ha de ser mejorado, y que las observaciones enviadas son de alta calidad.

Últimas observaciones

Número total de observaciones: 57

Observador	Estrella	Fecha
FGA, EVC, JDE, JAI, RJL, TT1	J22386-1404	27 Dic
FGA	SAO 76121	03 Ene
EVC	PPM 93516	03 Ene
EVC	PPM 93525	03 Ene
EVC	J04253+2348	03 Ene
EVC	J00535+0318	26 Ene
JDE, EVC, JAI	J01406+0846	27 Ene

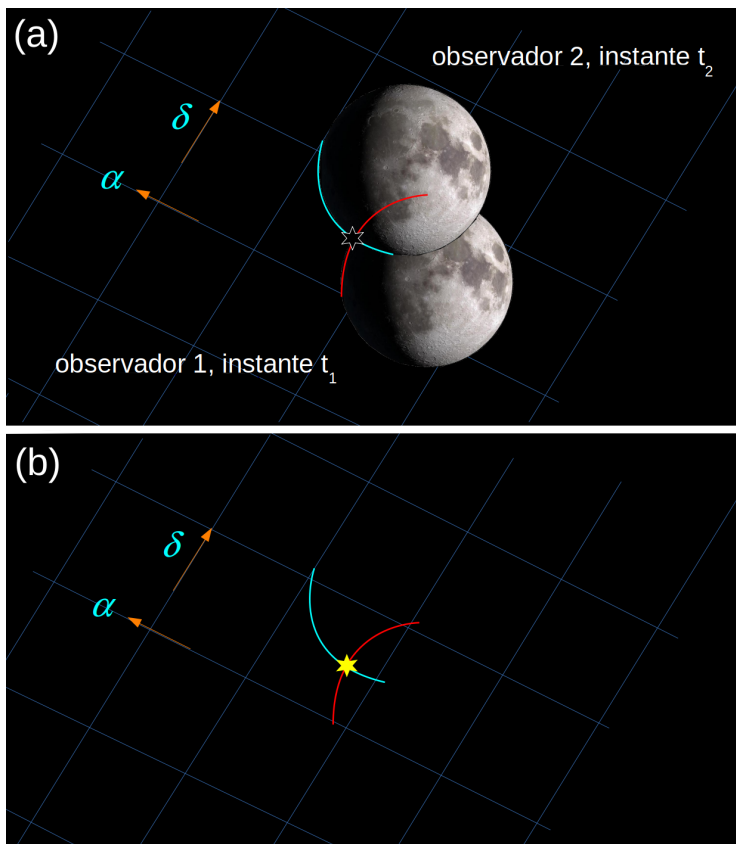
FGA: Faustino García
 JDE: Javier de Elías
 RJL: Rosendo Jorba
 EVC: Enrique Velasco
 JAI: Jaime Izquierdo
 TT1: Tófol Tobal I

Día	UTC	Estrella	Mags.	Sep.($''$)	Ilum. %	Dist.($''$)	h_{\odot}	h_{\oplus}
1	01:55:15I	J05160+2558	8.2/11.3	5.7	82	325	-60°	27°
1	02:36:46I	J05174+2605AB	9.6/10.3	17.7	82	310	-54°	20°
1	19:58:07I	J06001+2716AB	7.3/ 8.3	0.1	87	150	-28°	67°
1	19:58:07I	J06001+2716AC	7.3/ 8.3	0.1	87	150	-28°	67°
1	19:58:07I	J06001+2716AD	7.3/10.0	0.2	87	150	-28°	67°
1	21:08:00I	J06021+2712	9.1/10.2	46.2	87	223	-41°	76°
1	21:52:19I	J06026+2724	9.8/ 9.8	0.1	87	59	-49°	76°
2	01:30:10I	J06084+2719	9.8/10.1	20.6	88	62	-63°	41°
7	23:37:05E	J11040+0957	9.1/ 9.1	0.2	-96	73	-62°	45°
12	01:20:32E	J14060-1304AB	9.2/ 9.8	13.5	-67	569	-61°	18°
12	01:58:00E	J14081-1256	8.1/ 9.0	6.0	-67	136	-57°	23°
27	22:26:28I	J04536+2522AB	7.4/ 9.1	0.2	56	754	-48°	42°
27	22:26:28I	J04536+2522AC	7.4/10.1	0.2	56	754	-48°	42°
27	23:05:25I	J04547+2544	10.0/10.0	0.1	56	759	-52°	35°

El comienzo de mes es abundante en objetivos, con varias ocultaciones en sesiones de mañana y de noche el día 1. Sin embargo, la Luna está bastante crecida, y hasta mediados de mes la iluminación no es ideal. Los objetivos del día 12 deberían ser sencillos, así como las tres ocultaciones del día 27. Repasemos las ocultaciones con detalle. Las dos primeras del día 1 son interesantes, con separación cómoda, pero las componentes de J05160+2558 tienen magnitudes bastantes dispares, lo que dificultará la detección del escalón (su naturaleza binaria es incierta). La de J05174+2605AB debería ser cómoda, si bien ambas magnitudes son un poco débiles. Las medidas de las ocultaciones de J06001+2716 son urgentes, y además no deberían ser difíciles, al igual que la de J06021+2712. La última ocultación del día 1 puede serlo, aunque la estrella sólo se ha observado una vez como doble y su naturaleza doble es incierta, por lo que su observación es necesaria. La ocultación del día 2 también ocurre cerca del terminador, a una hora intempestiva, pero sería interesante saber la relación entre las componentes, la cual es un tanto incierta. La del día 7 también es de una doble incierta, pero la observación puede ser complicada. Las ocultaciones del día 12 deberían ser fáciles y un objetivo claro para realizar una astrometría colectiva exitosa, ya que a pesar de la hora ocurren en domingo. Las ocultaciones del día 27 deberían ser fáciles, y especialmente en las dos últimas se trata de estrellas poco observadas, si bien la naturaleza física de J04547+2544 es incierta.

Ocultaciones y astrometría

Las ocultaciones lunares son una herramienta astrométrica: permiten transformar un *tiempo* (el instante observado para la ocultación) en una *posición*. Un reloj de manecillas nos proporciona el tiempo leyendo la posición de las agujas. Una ocultación lunar es un ‘reloj inverso’: leemos el tiempo y obtenemos la posición del astro ocultado. Esta posición es incompleta, ya que en el instante de la ocultación solo sabemos que el astro se sitúa *en algún punto a lo largo del limbo lunar*. Sin embargo, diferentes observadores que midan la misma ocultación tendrán diferentes limbos (ver figura más abajo): superponiendo limbos podemos obtener la posición de la estrella, que se materializa sobre el entramado de meridianos y paralelos celestes del cielo de manera en principio unívoca. La observación conjunta de una ocultación puede llegar a ser una potente herramienta astrométrica, con una gran resolución espacial debido a que la Luna se mueve alrededor de medio segundo de arco cada segundo: una precisión de 50 ms (media décima de segundo) en la medida temporal de la ocultación equivale a unos ¡25 milisegundos de arco en posición!



La situación es parecida a la que se da en el sistema GPS, pero allí es en tres dimensiones: diferentes satélites definen diferentes esferas imaginarias de radio determinado por el tiempo de transmisión hasta el observador. Combinando satélites (al menos tres para obtener un punto) obtenemos la posición del observador. Ocurre lo mismo en la navegación astronómica, esta vez en dos

dimensiones (como en el cielo): obteniendo al menos dos *rectas de altura* (pequeños arcos de círculo) a partir de medidas de altura de un astro obtenemos la posición de un barco en altamar calculando su corte sobre la superficie de la Tierra. En todos los casos la acumulación de observaciones nos permite reducir el error y estimar la incertidumbre.



El proceso que nos permite implementar este programa astrométrico de transformación tiempo \rightarrow espacio es la *reducción* de las observaciones. En la figura de arriba se indican los 4 factores que influyen en el proceso: posiciones de Luna, observador, estrella y limbo lunar. Esto no es casual: observador, estrella y limbo han de estar alineados en el instante de la ocultación. Podemos añadir un quinto, la calidad de nuestra base de tiempos.

La magnitud, muy frecuente en astronomía, que mide cuantitativamente la ‘calidad’ de la reducción es el O–C:

$O-C =$ distancia estrella-limbo observada menos calculada

En el instante de la ocultación la distancia observada es nula, por lo que $O-C = -$ distancia calculada. En un mundo perfecto deberíamos tener $O-C = 0$, pero esto no ocurre debido a que algunos de los cinco factores de arriba es erróneo o *no es como pensamos*. Las posiciones de observador, Luna y limbo, y la base de tiempos no son un problema hoy en día, ya que son conocidos con un alto grado de precisión (salvo errores triviales), aunque en el paso esto no fue así. Por tanto, analizando el valor de $O-C$ de manera estadística sobre varias observaciones podemos extraer conclusiones sobre la calidad de nuestro sistema de tiempos (recordemos el antiguo uso de las ocultaciones para obtener el *Tiempo de Efemérides*), o sacar provecho y *obtener la astrometría de un astro*. Este proceso es en esencia equivalente a la idea de superponer limbos, pero trasladada al lenguaje matemático.

El objetivo de OLEO consiste en utilizar técnicas de optimización sobre el $O-C$ y otros estadísticos similares para extraer datos de astrometría de estrellas dobles. Es por ello muy importante reunir la mayor cantidad de datos posible de diferentes observadores sobre cada estrella doble. Pero en esta etapa inicial del proyecto las observaciones de estrellas individuales también son bienvenidas para calibrar los equipos y los métodos.

Nota final

Aparte del histograma de $O-C$ de la página anterior, hemos publicado en la página web algunos resultados preliminares de la reducción de datos de algunas de las estrellas observadas. Próximamente iremos publicando más información según vayamos afinando el proceso de reducción de las observaciones. Lamentablemente, la presentación del proyecto OLEO en la sesión proam del canal de FAAE-SEA programada para el mes de enero no se pudo realizar. Informaremos a través de la web de la nueva fecha para el evento.