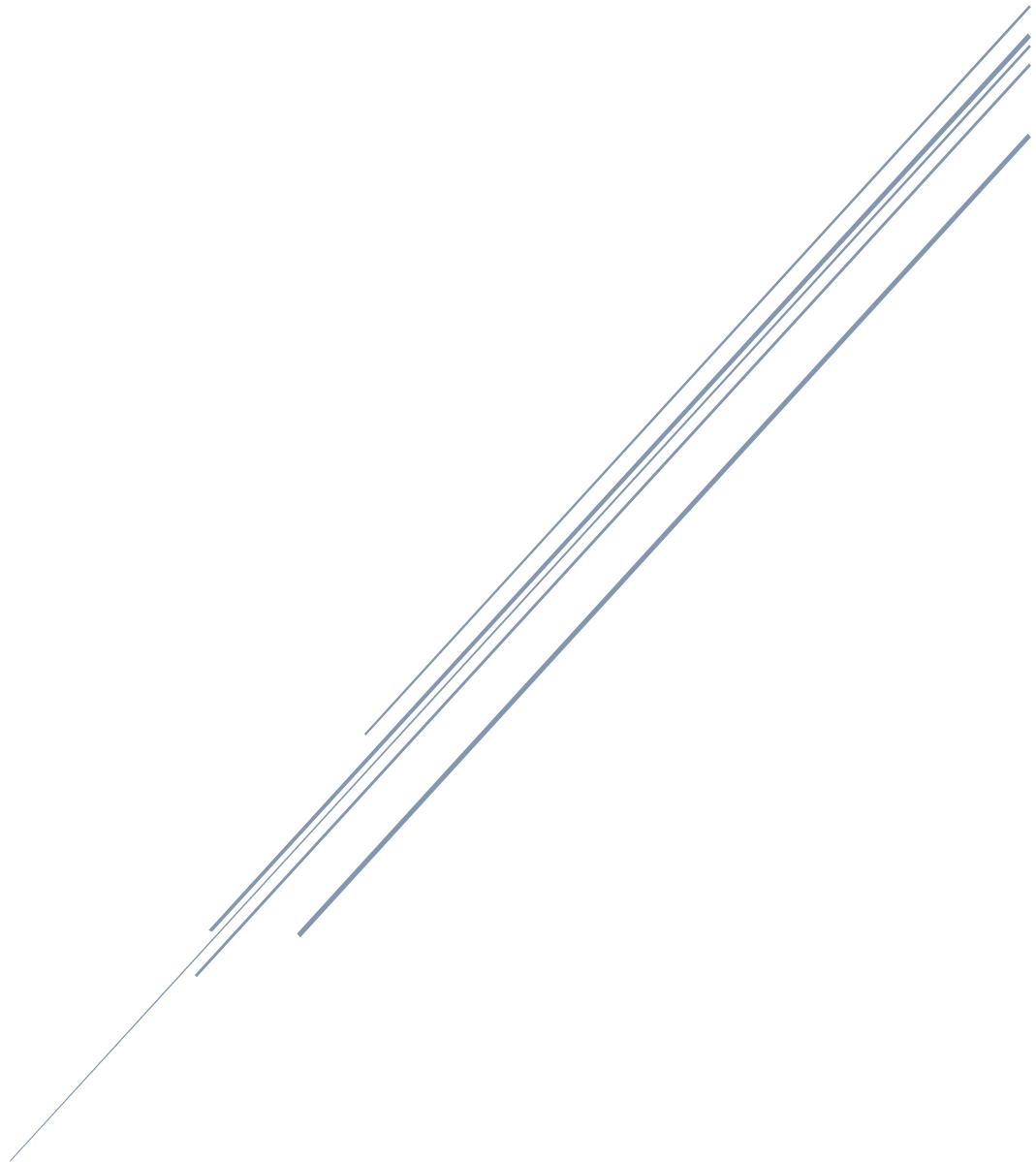


# DETERMINACION DE TIEMPOS DE INICIO Y FINAL DE UNA OA CON TANGRA V3.7 Y EXCEL

Tutorial de uso de los programas

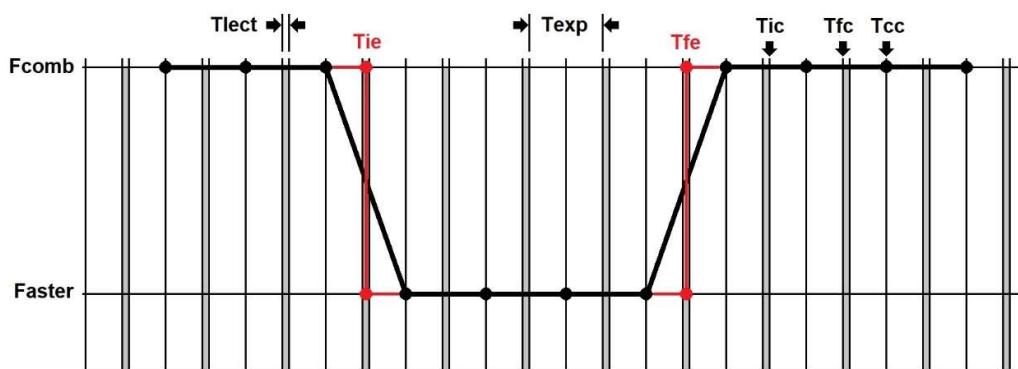


Carlos Colazo - GORA - POCROA  
09 de marzo de 2023

## Determinación de tiempos de inicio y final de una OA

**Eventos de inicio y final de una OA:** La curva de luz típica de una ocultación asteroidal (OA) presenta un grafo constante que representa el brillo de la estrella a ocultar, pero con una caída de brillo en un tramo (cuando ocurre la OA) hasta un brillo -también constante- pero ahora representa el brillo del asteroide (la estrella queda ocultada tras el cuerpo menor). Para simplificar, vamos a utilizar estas abreviaturas:

- Texp = Tiempo de exposición (con el obturador abierto)
- Tlect = Tiempo de lectura (con obturador cerrado)
- Tic = Tiempo del inicio de la captura (en MaxIm: "Start")
- Tcc = Tiempo del centro de la captura (puntos en los gráficos de Tangra)
- Tfc = Tiempo del final de la captura (inicio de captura + exposición)
- Tie = Tiempo del inicio del evento (lo queremos determinar)
- Tfe = Tiempo del final del evento (lo queremos determinar)
- Fie = Flujo en el punto intermedio al inicio del evento
- Ffe = Flujo en el punto intermedio al final del evento
- Fcomb = Flujo combinado (asteroide + estrella)
- Faster = Flujo del asteroide (con la estrella ocultada)



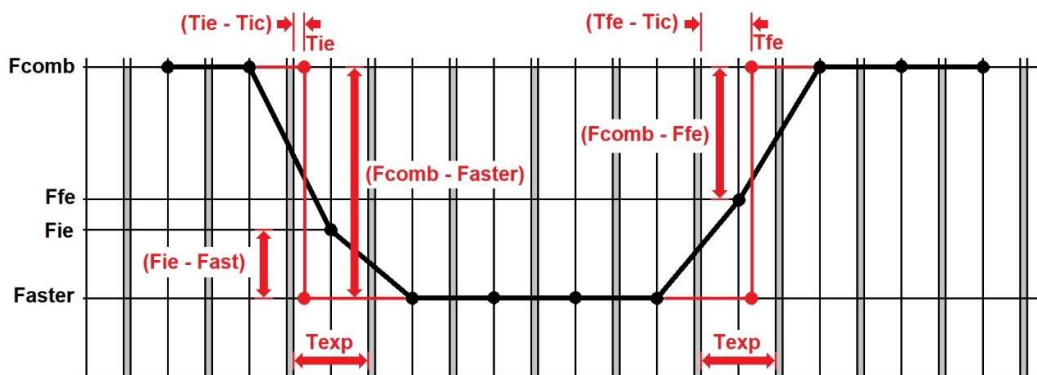
Cuando se construye la curva de luz de una OA pueden ocurrir dos casos posibles en los eventos de inicio y final de esos cambios de brillo:

1. **Cambio de brillo sin punto intermedio:** Que el inicio y/o final del evento ocurra durante el tiempo de lectura. El obturador estará cerrado, por lo que ese instante no quedará registrado. La curva presentará un cambio brusco entre las secuencias de puntos correspondientes a: el brillo combinado y el brillo del asteroide con la estrella ocultada. Entre esas secuencias no hay ningún punto intermedio. El evento pudo haber ocurrido en cualquier momento del tiempo de lectura y ya no es posible calcular ese instante con suficiente precisión. La determinación del tiempo del evento (Tie y/o Tif), se debe hacer suponiendo que ocurrió en el centro del tiempo de lectura, por lo que tan solo se debe promediar los dos tiempos (Tcc) de las capturas: antes y después del evento.

$$\text{Tie o Tfe} = (\text{Tcc}_{\text{anterior}} + \text{Tcc}_{\text{posterior}}) / 2$$

## Determinación de tiempos de inicio y final de una OA

2. **Cambio de brillo con punto intermedio:** Que el inicio y/o final del evento ocurra durante una exposición (con el obturador abierto). La curva presentará un cambio suave con un punto intermedio, que se encontrará entre las secuencias de puntos correspondientes a: el brillo combinado y el brillo del asteroide con la estrella ocultada. Gracias a la proporcionalidad entre: la profundidad del cambio del flujo y el intervalo transcurrido entre el inicio de la captura y el momento del evento, es posible calcular el instante del evento con suficiente precisión. El cálculo del tiempo del evento (Tie y/o Tfe), se debe hacer con los registros del flujo, ya que este parámetro varía linealmente con el tiempo.



### a) Determinación del tiempo de inicio del evento (Tie):

Si el flujo del punto intermedio -en el inicio del evento- (Fie) está próximo al flujo del asteroide (Faster), significa que la estrella estuvo el mayor tiempo ocultada, por lo que el evento (Tie) ocurrió cerca del tiempo de inicio de la captura (Tic). La proporción entre los intervalos de tiempo y los cambios de flujo se puede escribir de la siguiente manera:

$$(Tie - Tic) / Texp = (Fie - Faster) / (Fcomb - Faster) ; \text{ con: } Tic = Tcc - Texp/2$$

Reemplazando Tic y despejando:

$$Tie = (Fie - Faster) * Texp / (Fcomb - Faster) + Tcc - Texp / 2$$

### b) Determinación del tiempo final del evento (Tfe):

Si el flujo del punto intermedio -en el final del evento- (Ffe) está próximo al flujo del asteroide (Faster), significa que la estrella estuvo el mayor tiempo ocultada, por lo que el evento (Tfe) ocurrió cerca del tiempo de final de la captura (Tfc). La proporción entre los intervalos de tiempo y los cambios de flujo se puede escribir de la siguiente manera:

$$(Tfe - Tfc) / Texp = (Fcomb - Ffe) / (Fcomb - Faster) ; \text{ con: } Tfc = Tcc + Texp/2$$

Reemplazando Tfc y despejando:

## Determinación de tiempos de inicio y final de una OA

$$T_{fe} = (F_{comb} - F_{fe}) * T_{exp} / (F_{comb} - F_{ast}) + T_{cc} - T_{exp} / 2$$

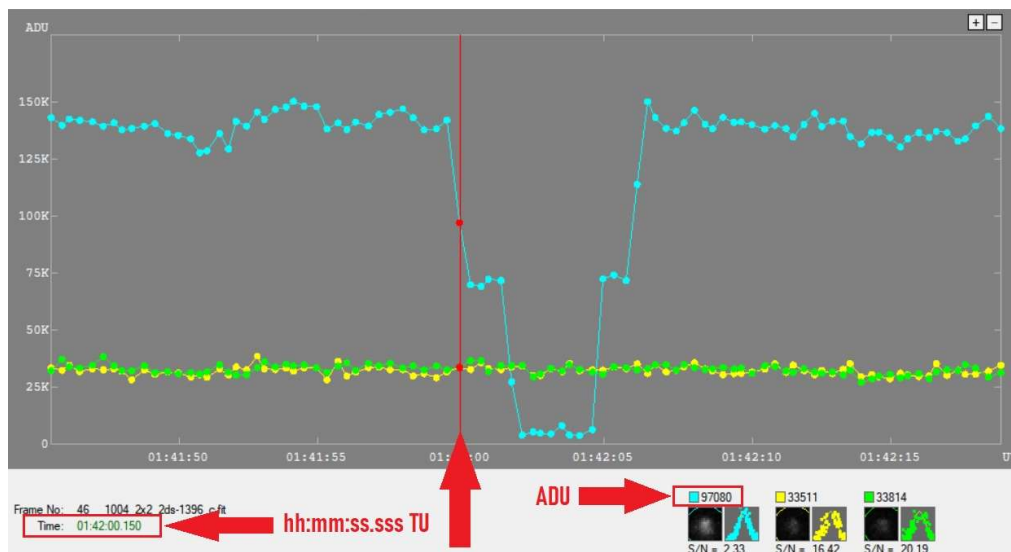
Ejemplos:

TIEMPO DEL INICIO DEL EVENTO (con punto intermedio)				
Tcc (en el punto intermedio)	1	1	1.00	3661.00
Texp (exposicion) [segundos]				2.00
Fie (en el punto intermedio) [ADU]				17500
Prom (Fcomb estrella+asteroide) [ADU]				70000
Prom (Faster con estrella ocultada) [ADU]				10000
Tie (inicio del evento)	1	1	0.25	3660.25

TIEMPO DEL INICIO o FINAL DEL EVENTO (sin punto intermedio)				
Tcc (en el punto anterior)	1	1	1.00	3661.00
Tcc (en el punto posterior)	1	1	2.00	3662.00
Tie o Tfe (inicio o final)	1	1	1.50	3661.50

TIEMPO DEL FINAL DEL EVENTO (con punto intermedio)				
Tcc (en el punto intermedio)	1	1	1.00	3661.00
Texp (exposicion) [segundos]				2.00
Fie (en el punto intermedio) [ADU]				17500
Prom (Faster con estrella ocultada) [ADU]				10000
Prom (Fcomb estrella+asteroide) [ADU]				70000
Tfe (final del evento)	1	1	1.75	3661.75

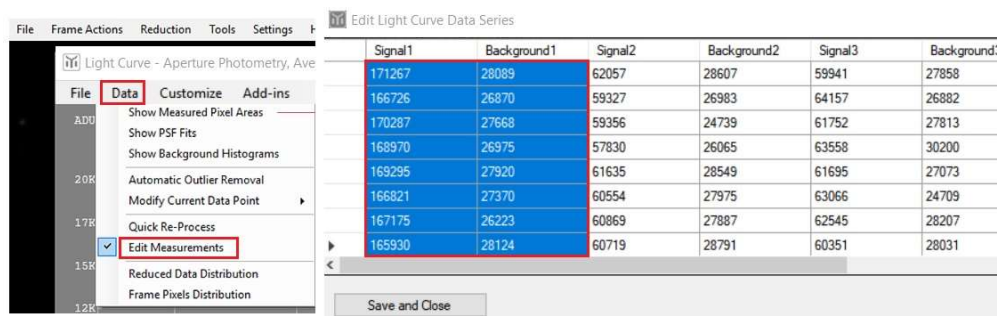
3. **Tabla Excel de flujos obtenida de Tangra:** Tangra muestra (visualizando la curva de luz) el tiempo [hh:mm:ss.sss] TU y el flujo [ADU] para cada punto, clickeando sobre el punto de interés.



Pero para en cada tramo horizontal de la curva, resulta conveniente calcular el promedio del flujo, antes que aproximarlos clickeando en algún punto que se estime representativo. El programa permite descargar los datos que permiten obtener el flujo en ADUs de la estrella ocultada en cada una de las imágenes de la observación. Para ello se debe ingresar en la solapa "Data" y

## Determinación de tiempos de inicio y final de una OA

se despliega un menú de opciones. Elegir “Edit Measurements”. Se abre una tabla que muestra dos columnas para cada objeto seleccionado. Si el primero fue la estrella a ocultar, se debe copiar las columnas “Signal1” y “Background1” para luego pegarlas en la planilla Excel (que se adjunta para efectuar el procedimiento).



SIGNAL (S)	BACKGROUND (B)	IMAGEN	B - I	PROMEDIOS
171086	27970	1	143116	141709
166555	26794	2	139761	141709
170040	27790	3	142250	141709

Pegar

Arrastrar hacia abajo

Hasta aquí

CASOS DE INICIO Y FINAL DE EVENTOS DE O.A.				
TIEMPO DEL INICIO DEL EVENTO (con punto intermedio)				
Tcc (en el punto intermedio)	1	1	1.00	3661.00
Texp (exposicion) [segundos]				2.00
Fie (en el punto intermedio) [ADU]				17500
Prom (Fcomb estrella+asteroide) [ADU]				70000
Prom (Faster con estrella ocultada) [ADU]				10000
Tie (inicio del evento)	1	1	0.25	3660.25
TIEMPO DEL INICIO o FINAL DEL EVENTO (sin punto intermedio)				
Tcc (en el punto anterior)	1	1	1.00	3661.00
Tcc (en el punto posterior)	1	1	2.00	3662.00
Tie o Tfe (inicio o final)	1	1	1.50	3661.50
TIEMPO DEL FINAL DEL EVENTO (con punto intermedio)				
Tcc (en el punto intermedio)	1	1	1.00	3661.00
Texp (exposicion) [segundos]				2.00
Fie (en el punto intermedio) [ADU]				17500
Prom (Faster con estrella ocultada) [ADU]				10000
Prom (Fcomb estrella+asteroide) [ADU]				70000
Tfe (final del evento)	1	1	1.75	3661.75

Se debe seleccionar los dos renglones indicados y con casillas de fondo verde (contienen fórmulas) y se debe arrastrar el vértice inferior derecho hasta completar la tabla. La columna de promedios es la que se debe modificar en el primer punto de inicio de cada tramo horizontal incorporando el promedio e indicando las casillas del primer y último punto de ese tramo. La casilla de promedio de un punto intermedio debe estar vacía. Para facilitar el procedimiento, se presenta un ejemplo en la segunda hoja del archivo Excel.

Para obtener los tiempos de inicio y final del evento (Tie y Tfe) se deben completar los casilleros en blanco del formulario “Casos de inicio y final de eventos en OA”.