



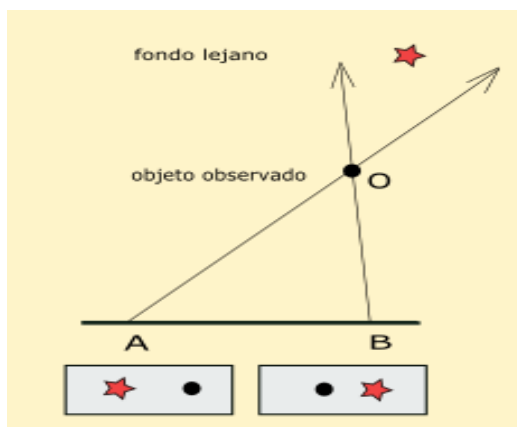
ASTROPALMA

OBSERVATORIO DE TACANDE, LA PALMA      Joan Genebriera

## MEDICIÓN DEL PARALAJE DE UN ASTEROIDE

### Descripción

Se llama paralaje al ángulo formado por la dirección de dos visuales relativas a la observación de un mismo objeto desde dos puntos distintos A y B, suficientemente alejados entre sí y no alineados con él. También suele emplearse este término para referirse a la distancia a las estrellas.



La medición por paralaje representa el fundamento empleado en Astronomía para medir la distancia a objetos del sistema solar y también a estrellas cercanas. Por lo que puede considerarse en sí como un experimento “clásico”.

Gracias a la colaboración entre observatorios se tomaron una serie de imágenes CCD y se determinó la distancia a un asteroide empleando trigonometría básica sobre una base de medición lo más grande posible.

En un primer intento, no muy afortunado, se empleó una base de medición de 1.812 Km. de arco de circunferencia entre los observatorios de la Hita (Toledo) y Tacande (La Palma).

Posteriormente en una segunda prueba y después de mejorar los procedimientos de cálculo, adquisición de datos y ampliar la base de medición, se obtuvieron unos resultados excelentes. A continuación detallamos la operativa empleada:

## 1er Intento

Observatorios de La Hita (Toledo) y Tacande (La Palma).

Para este primer intento se emplearon como blanco de medición los objetos que más se acercan a la Tierra, los llamados NEO'S .

Entre estos se encuentran el grupo de asteroides llamados Apolo que reciben su nombre de [1862 Apolo](#), el primer asteroide descubierto de su clase en 1932 por [Karl Wilhelm Reinmuth](#). Sus orbitas cruzan la nuestra porque tienen un semieje mayor (a) más grande que el de La Tierra  $> 1$  U.A. y una distancia perihélica (q) menor de 1,017 U.A

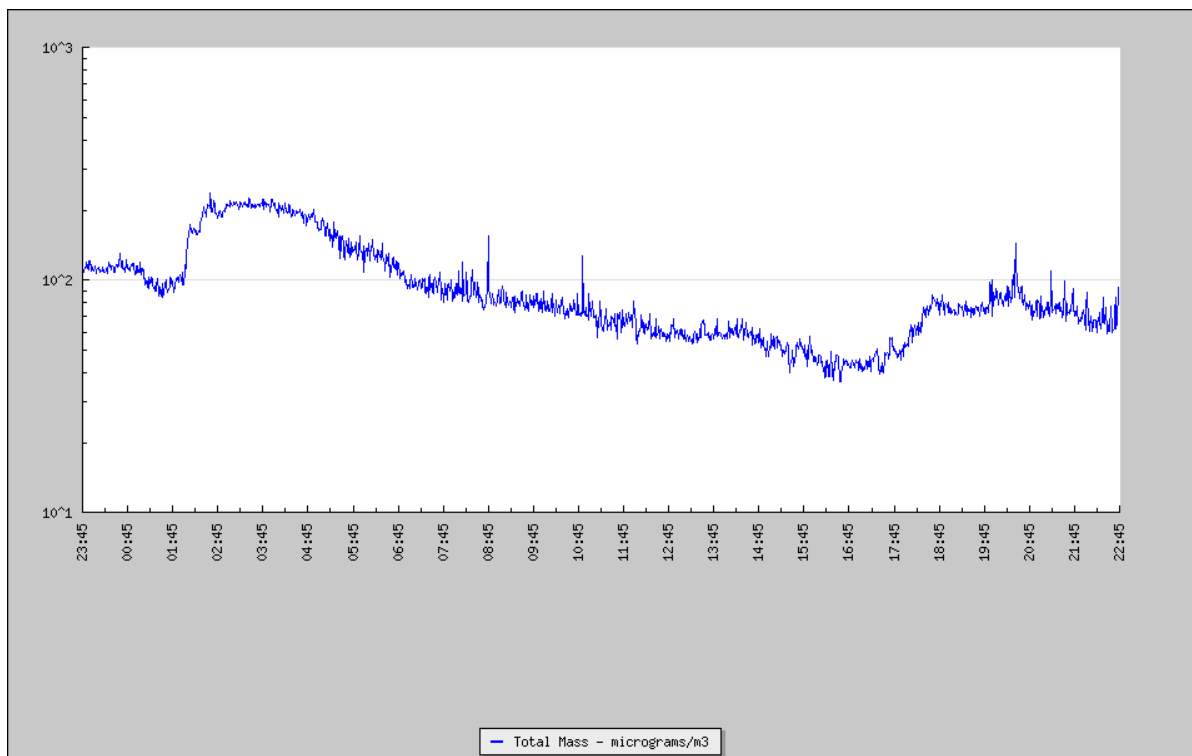
1 U.A.= Unidad Astronómica de distancia = 149.597.900 Km

El objeto a medir fue el asteroide **53319** del grupo Apolo y la fecha propuesta para la medición, la noche del 26 al 27/04/2008. Se tomaron tres medidas, más o menos simultáneas.

### Incidencias durante la observación

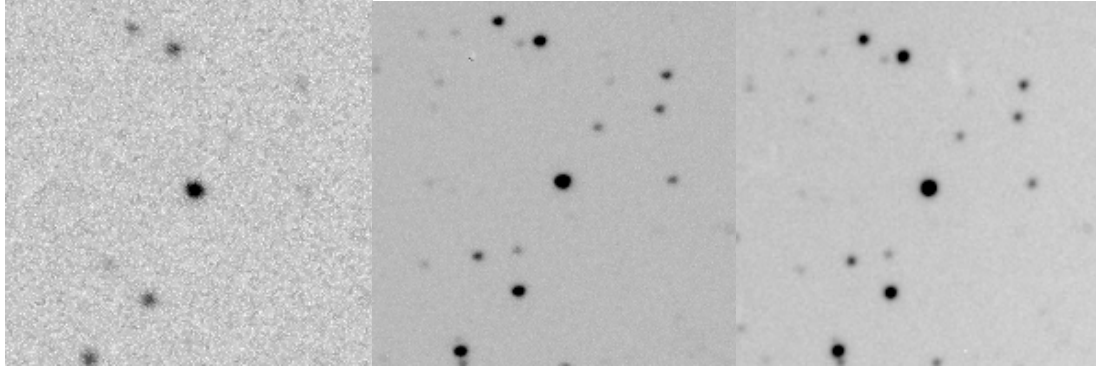
-No fue posible ajustar el reloj del ordenador con las señales horaria de Internet por lo que las tomas se hicieron de forma manual por contacto telefónico. Debido a esta causa la hora es ligeramente distinta entre los observatorios.

-Presencia de polvo atmosférico (calima). Las imágenes se tomaron a partir de las 02:00 UT con un contenido de polvo de hasta 210 ug/m3



Con 210 ug/m3 de polvo en el aire, el coeficiente de extinción k era de 1,92 magnitudes a 45° sobre el horizonte!! ver las imágenes adjuntas

Comparativa de una zona cualquiera, empleando telescopios y condiciones distintas



Tacande con calima

Tacande sin calima

La Hita

Tacande: Telescopio 0,40 m. f/6,5 ST8XE 100 seg.

La Hita: Telescopio 0,77 m. f/3,5 ST10 30 seg.

## Reducción de datos

Distancia de La Tierra al asteroide 53319

Día 27,00 04 2008 = 0,467 AU

Día 28,00 04 2008 = 0,458 AU

Movimiento diario

0,467 - 0,458 = 0,009 AU /día (¡rápido!)

Distancia según el MPC (Minor Planet Center) en el momento de la 1ª observación de Tacande-la Hita

$(27,08391 - 27,0) * 0,009 = 0,0008$  AU

$0,467 - 0,0008 = \mathbf{0,4662}$  AU

**Distancia MPC** = 0,4662 AU \* 149.597.900 = 69.787.420 Km.

### ----- Datos 1ª Observación

Datos Tacande : 53319 C2008 04 27.08391 18 13 27.21 +17 00 45.9

Datos la Hita: 53319 C2008 04 27.08359 18 13 26.67 +17 00 40.8

Diferencia coordenadas

DEC = (+17 00 45.9) - (+17 00 40.8) = 5,1''

AR = (18 13 27.21) - (18 13 26.67) = 0,54 seg. \* 15 \* cos 17 = 7,74''

ángulo  $\theta^2 = (\text{dec1} - \text{dec2})^2 + ((\text{ar1} - \text{ar2}))^2$

$\theta^2 = 5,1^2 + 7,74^2$   **$\theta = 9,27''$**

### Datos 2ª Observación

Datos Tacande : 53319 C2008 04 27.09433 18 13 29.94 +17 01 00.9

Datos la Hita: 53319 C2008 04 27.09399 18 13 29.36 +17 00 59.5

**$\theta = 8,32''$**

### Datos 3ª Observación

Datos Tacande : 53319 C2008 04 27.10475 18 13 32.57 +17 01 22.4

Datos la Hita: 53319 C2008 04 27.10441 18 13 32.10 +17 01 18.4

**$\theta = 7,84''$**

Si obtenemos el promedio (average) de las tres medidas tenemos:

$$\theta = 9,27'' + 8,32'' + 7,84'' / 3 = 8,47''$$

Aplicando mínimos cuadrados obtenemos una desviación estándar  $\rho$  de: 0,724 (muy alta) por lo que tenemos una probabilidad del 68% que el valor correcto de paralaje este entre:  $8,47 \pm 0,724$  o sea  $\theta = 9,20$  o  $7,74$  segundos de arco

## Resultados 1er intento

$$\text{tg}(\theta) = B/D$$

En la anterior ecuación tenemos que B es la base de medición,  $\theta$  el valor angular de la diferencia entre las medidas de los dos observatorios y D la distancia, de modo que siendo.....

$$B: 1.805,91 \text{ Km} \quad \text{y} \quad \theta = 8,47'' \quad \text{tenemos}$$

$$\text{Distancia} = 1806 / \text{tg} 8,47'' = 43.980.429 \text{ Km.}$$

$$\text{Distancia según el MPC (valor Delta)} = 0,4662 \text{ AU} * 149.597.900 = 69.742.540 \text{ Km.}$$

## Conclusiones

**Las diferencias en las medidas pueden ser debidas a errores horarios y a las pocas medidas efectuadas durante el experimento. Hay que repetir las observaciones y aplicar las siguientes recomendaciones:**

- aa.- Sincronizar los relojes de los ordenadores.
- bb.- Tomar un mínimo de 10 pares de exposiciones.
- cc.- Programar las exposiciones automáticamente.
- dd.- Si es necesario aplicar interpolación lineal a las medidas.

## 2º Intento

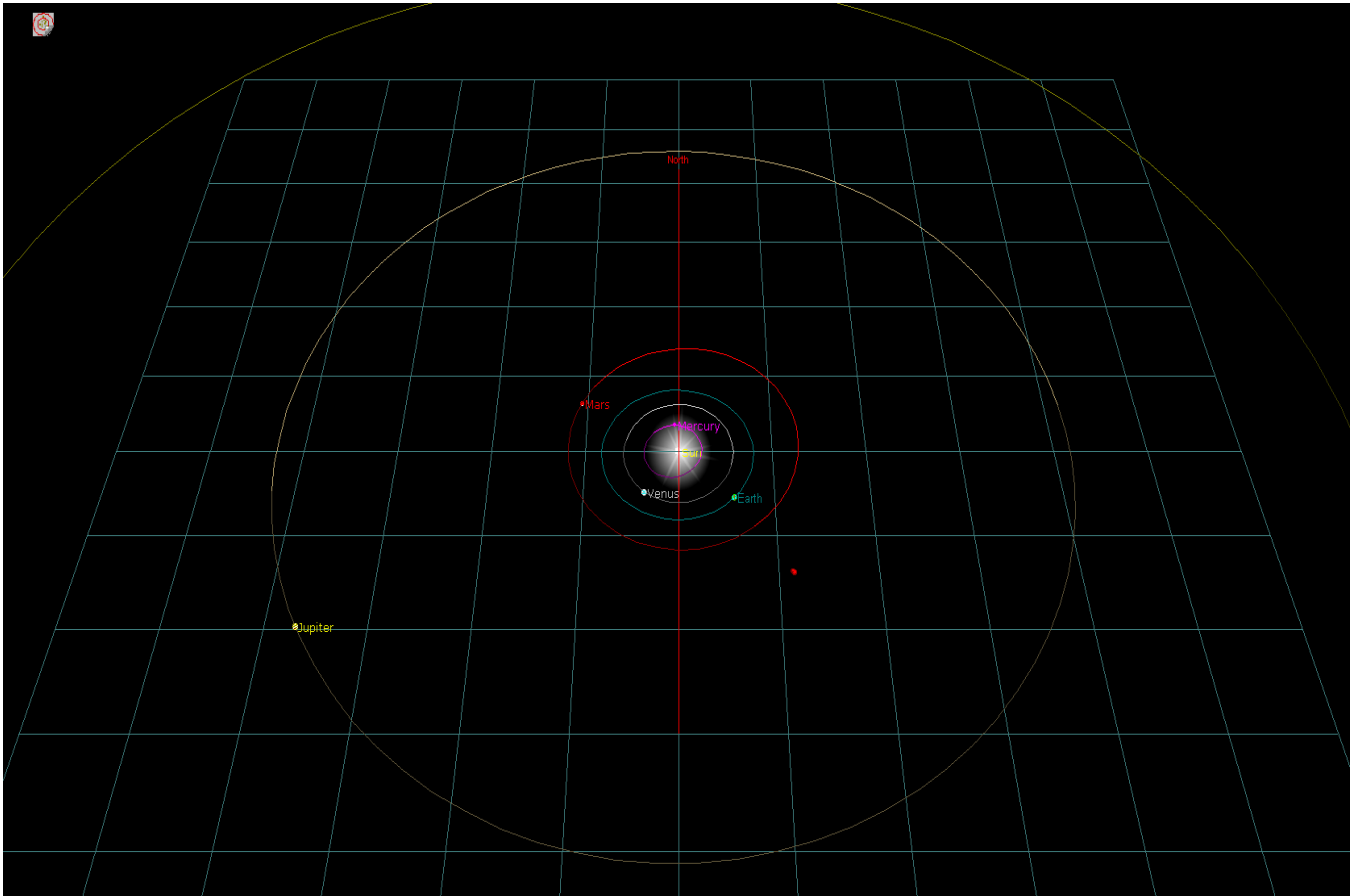
Empleamos una base de medición ampliada de 2.275 Km. de arco de circunferencia, entre el Observatori Astronòmic de Corbera (OAC) y Tacande (La Palma).

Las imágenes CCD fueron procesadas con el software de Herbert Raab “Astrometrica”.

La calidad astrométrica de este software empleando el catalogo estelar CMC-14 puede alcanzar alrededor de dRA, dDEC => 0,08” pero teniendo en cuenta otros factores de error como: tracking, seeing, hora incorrecta, etc. un valor más real puede estar entre 0,2”- 0,3”

Para la reducción de las medidas se han empleado dos métodos: Un cálculo “clásico” como el descrito en el 1er intento de este trabajo y un cálculo automatizado gracias al software hecho para este propósito por el miembro de la Agrupación Astronómica de la Palma, Diego Cano Infantes ¡Muchas gracias Diego!

El objeto a medir fue el asteroide **1296 Andree**, descubierto en 1933 desde Algiers por el astrónomo L. Boyer. Ver más datos en la hoja siguiente del MPC.



Posición relativa del asteroide, punto rojo entre las orbitas de Marte – Júpiter a fecha 09/11/2008

# Minor Planet Ephemeris Service: Query Results

Below are the results of your request from the Minor Planet Center's Minor Planet Ephemeris Service. Ephemerides are for observatory code J22.

(1296) Andree

[Display all designations for this object](#) / [Show naming citation](#)

Perturbed ephemeris below is based on 25-opp elements from MPO 2605. Last observed on 2008 Sept. 26.

Discovery date : 1933 11 25

Discovery site : Algiers

Discoverer(s) : Boyer, L

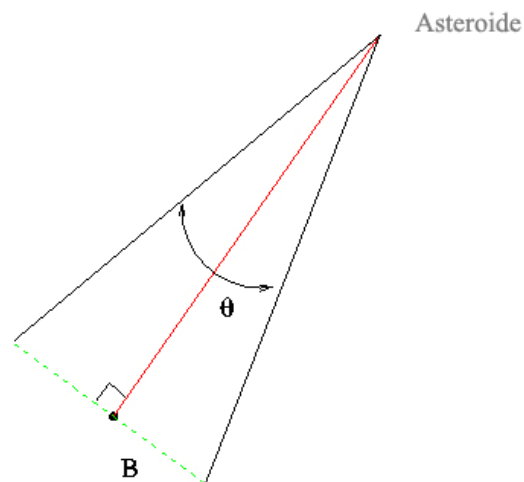
[Further observations?](#) None needed at this time.

01296

Date	UT			R.A. (J2000)			Decl.	Delta	r	El.	Ph.	V	Sky Motion		Object		Sun Alt.	Moon Phase	Dist.	Alt.
	h	m	s	°	'	"							"/min	P.A.	Azi.	Alt.				
2008 11 07	00	00	00	02 05 21.4	+13 49 51	1.255	2.236	169.1	4.8	13.6	0.64	242.1	350	+75	-72	0.58	070	+17		
2008 11 08	00	00	00	02 04 28.4	+13 42 39	1.256	2.234	167.8	5.4	13.6	0.63	241.9	355	+75	-73	0.68	057	+28		
2008 11 09	00	00	00	02 03 36.2	+13 35 29	1.257	2.233	166.6	5.9	13.6	0.63	241.7	359	+75	-73	0.77	043	+41		

## ¿ Que necesitamos para determinar la distancia al asteroide ?

Conociendo la base de medida (cuerda) y el ángulo de paralaje (theta) podemos determinar por triangulación la distancia.



Para valores angulares tan pequeños tenemos que.....

$$\text{tg}(\theta) = B/D$$

**Siendo B la base de medición, theta el valor angular de la diferencia entre las medidas de los dos observatorios y D la distancia**

### **Detalles observacionales**

- Fecha propuesta para la medición: La noche del 8 al 9 de Noviembre de 2008
- Tendremos al principio una fase lunar del 76% a 45° de distancia que no molestará y nuestro objeto en buena posición un poco antes de su paso por el meridiano.
- Tomar al menos 15 imágenes de “flat field” , 10 de “dark” y 20 bias previas.
- Puesto que necesitamos recoger la mayor cantidad posible de fotones-electrones para conseguir una buena relación S/N, no emplearemos ningún filtro.
- El objeto se encontrara en la constelación de Aries y en la fecha tendrá una magnitud de 13,6 (V). La estrella brillante más cercana es alfa Aries (mag: 2,0) a 09° 45' de distancia angular.
- De acuerdo a los datos del MPC nuestro objeto tiene una velocidad lenta con respecto al movimiento sidéreo, como corresponde a un objeto del cinturón de asteroides, de 0,63 "/minuto y una dirección AP= 241,7 (SW) .  
El factor de escala, telescopio/cámara) en Tacande es de 0,71"/píxel
- Todas las imágenes deben de estar en formato \*.FITS
- La exposición será de 30 seg. y tomaremos series de 5 exposiciones cada 15 m. durante 2 h.
- Antes debemos verificar que alcanzamos la magnitud 13,6 con la exposición anterior y que el objeto es detectable. Ver.. <http://www.tass-survey3org/richmond/signal.shtml>

### **¿ Es detectable el objeto ?**

#### **Signal-to-noise calculations**

```
Filter:      none
Tel_diam:   38.5 (cm)
Overall QE: 0.5
Pixsize:    0.71 (arcsec/pixel)
Readnoise   15 (electrons)
Sky mag:    21 (mag/sq.arcsec)
Airmass:    1.2
Ext_coeff:   0.2
Exptime:    30 (sec)
FWHM:       3.0 (arcsec)
Aper_rad:   10 (arcsec)
```

```
mag 13.50:  star 240761 sky 94349 read 140222 ->  S/N = 349.21
```

**A la vista de lo anterior para Tacande (telescopio Cassegrain Relay de 400 mm) y para el OAC (telescopio Newton de 300 mm), el objeto es perfectamente posible !**

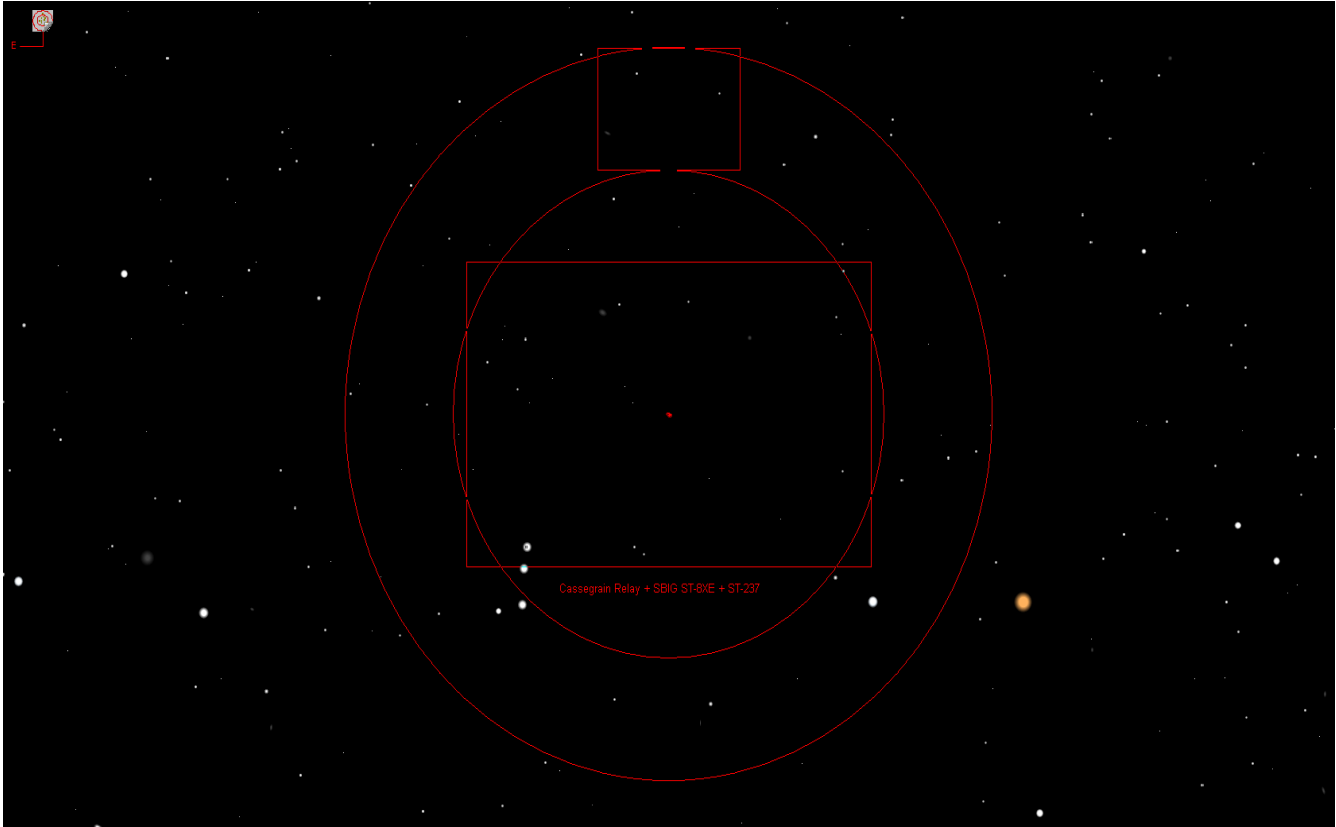
### **Detalles operativos**

- Localizar el campo con los mapas que se adjuntan y con las siguientes coordenadas para las 00:00 h. T.U del 09/11/2008

**AR = 02:03:36,2    DEC = +13:35:29 (J2000)**

- Sincronizar el reloj del ordenador al empezar la sesión con alguna estación de señales horarias de Internet. **Atención:** Hay que ajustar al segundo ya que simultáneamente emplearemos la misma operativa desde los dos observatorios.
- Enfocar lo mejor posible y no emplear ningún filtro. **Atención.-** No desenfocar la imagen con S/N inferiores a 200.
- Hacer una exposición previa para asegurar que estamos sobre el campo correcto.
- Centrar el objeto sobre el centro del campo
- Programar el Maxim DL para que empiece automáticamente a las 22:00 TU con la exposición y serie de imágenes indicadas en el paso “Detalles Observacionales”.
- Guardar todas las imágenes originales en un CD o en un fichero aparte.





Campo y posición del asteroide 1296 Andree en el software TheSky 6 a las 22:00 TU del 08/11/2008 en un campo de 18' x 12' (Tacande). El asteroide es el punto rojo. Las coordenadas del centro del campo son: (J2000.0) 02 03 41 +13 36 05 Norte arriba. Este a la izquierda.

- Las imágenes deben primero ser calibradas (dark, flat y bias) para ser procesadas después con el software "Astrometrica". Con los resultados debemos calcular las diferencias de posición  $\Delta_{AR}$  y  $\Delta_{DEC}$ .



Secuencia de imágenes del asteroide 1296 Andree, el 08/11/2008 desde el Observatorio Astronómico de Corbera (OAC) en Barcelona. Telescopio Newton 300 mm.+ SXV-H9

### Reducción de datos

Se tomaron un total de 50 medidas de las que 19 fueron descartadas por presencia de nubes (S/N baja) o por tener un residual de error astrométrico superior a 0,3".

#### Variación de la distancia en el momento de la observación

Podemos considerar que en este caso y en el intervalo comprendido entre las 22:00 a las 24:00 T.U la distancia no varía significativamente en este objeto (¡ no es un NEO !)

#### Valor teórico estimado del ángulo de paralaje (theta)

Basándonos en la ecuación...

$$\text{tg}(\theta) = B/D$$

Y conociendo el arco de circunferencia de 2.275 Km. (dato obtenido de Google Earth) que separa los dos observatorios, podemos determinar la cuerda (B) entre los mismos...

$$2.275 (\text{arco})/6378 (\text{radio terrestre}) = 0,3567 \text{ rad}$$

$$2 \pi / 0,3567 = 360 / \text{ángulo} \quad \text{ángulo} = 20,4374 \text{ grados}$$

$$\text{cuerda(B)} = 6378 * 2 \text{ sen } (20,4374/ 2) = \mathbf{2.262,998 \text{ Km.}}$$

según el MPC sabemos que la distancia entre La Tierra y el asteroide 1296 Andree (D), es de 1,257 AU a las 09.00 11 2008

$$\text{Distancia(D)} = 1,257 \text{ AU} * 149.597.900 = \mathbf{188.044.560 \text{ Km.}}$$

Finalmente calculamos que el valor teórico de paralaje (theta) debe ser....

$$\text{tg } (\text{theta}) = 2.262,998 / 188.044.560 \quad \mathbf{\text{theta} = 2,4823''}$$

### Método clásico (solo están incluidas 10 pares de medidas)

Diferencia entre medidas de coordenadas Tacande – Corbera

Obs 1: DJ=2454779.4273 2h 03m 40.150s 13° 36' 00.60"

Obs 2: DJ=2454779.4273 2h 03m 40.010s 13° 35' 59.20"

$$\text{dRA} = 0,14 \text{ seg.} \quad \text{dDEC} = 1,40''$$

Conversión a theta (\*nota)

DEC..... 1,40''

AR..... 0,14 \* 15 \* cos 13,6 = 2,04''

**\*nota.-** Los valores de de AR (tiempo) deben ser reducidos a valores angulares teniendo en cuenta la declinación del objeto.

$$\text{theta}^2 = 1,40^2 + 2,04^2 = \mathbf{\text{Paralaje (theta)} = 2,4742''}$$

Obs 1: DJ=2454779.4381 2h 03m 39.560s 13° 35' 55.90"

Obs 2: DJ=2454779.4381 2h 03m 39.430s 13° 35' 54.60" **Paralaje (theta) = 2,2984''**

Obs 1: DJ=2454779.4385 2h 03m 39.550s 13° 35' 55.70"

Obs 2: DJ=2454779.4385 2h 03m 39.410s 13° 35' 54.40" **Paralaje (theta) = 2,4200 ''**

Obs 1: DJ=2454779.4389 2h 03m 39.530s 13° 35' 55.60"

Obs 2: DJ=2454779.4389 2h 03m 39.400s 13° 35' 54.20" **Paralaje (theta) = 2,3364''**

Obs 1: DJ=2454779.4393 2h 03m 39.520s 13° 35' 55.40"

Obs 2: DJ=2454779.4393 2h 03m 39.370s 13° 35' 53.90" **Paralaje (theta) = 2,6520''**

Obs 1: DJ=2454779.4481 2h 03m 39.040s 13° 35' 51.70"

Obs 2: DJ=2454779.4481 2h 03m 38.880s 13° 35' 50.30" **Paralaje (theta) = 2,5739''**

Obs 1: DJ=2454779.4485 2h 03m 39.020s 13° 35' 51.50"

Obs 2: DJ=2454779.4485 2h 03m 38.860s 13° 35' 50.10" **Paralaje (theta) = 2,5739''**

Obs 1: DJ=2454779.4489 2h 03m 38.990s 13° 35' 51.20"  
Obs 2: DJ=2454779.4489 2h 03m 38.850s 13° 35' 49.90" **Paralaje (theta) = 2,4200"**

Obs 1: DJ=2454779.4493 2h 03m 38.980s 13° 35' 51.00"  
Obs 2: DJ=2454779.4493 2h 03m 38.830s 13° 35' 49.80" **Paralaje (theta) = 2,4946"**

Obs 1: DJ=2454779.4585 2h 03m 38.460s 13° 35' 47.40"  
Obs 2: DJ=2454779.4585 2h 03m 38.320s 13° 35' 45.80" **Paralaje (theta) = 2,5935"**

Paralaje promedio (theta) = **2,4837"**  
RMS Paralaje (theta) = **2,4861"**  
desviación estándar (rho) = **0,11"**

La desviación estándar **rho** es de 0,11" por lo que tenemos una probabilidad del 68% de que el valor correcto se encuentre entre 2,4837" +/- 0,11 o sea **theta = 2,5937 a 2,3737"**

Recordar que el paralaje (theta) teórico es de **2,4823"**

### Método automatizado empleando 31 pares de medidas (23 útiles), con el software de Diego Cano Infantes

Este software determina directamente la distancia en AU.

Para evitar la redundancia de datos, solo se incluyen 3 pares de medidas. Si el lector esta interesado en el listado completo y/o el software de Diego Infantes, puede enviarme un e-mail a : [astropalma@telefonica.net](mailto:astropalma@telefonica.net)

OBS 1: Long= -17° 52' 03.60" Lat= 28° 38' 29.50", Alt= 765.0m

OBS 2: Long= 1° 55' 10.00" Lat= 41° 24' 33.00", Alt= 350.0m

Serie con 2 medidas del objeto 1296:

Obs 1: DJ=2454779.4273, 2h 03m 40.150s 13° 36' 00.60", dRA,DEC= 0.2,0.1"

Obs 2: DJ=2454779.4273, 2h 03m 40.010s 13° 35' 59.20", dRA,DEC= 0.2,0.2"

Base entre observatorios= 2273.350km, ángulo(base/visión)= 90.59

Coord. Ec. Geocentricas: 2h 03m 39.966s err>0.005s 13° 36' 02.48" err>0.11"

**D= 1.26461 UA**, error transversal > 119.9km = 0.13"

Serie con 2 medidas del objeto 1296:

**D= 1.36153 UA**, error transversal > 82.1km = 0.08"

Serie con 2 medidas del objeto 1296:

**D= 1.32537 UA**, error transversal > 158.5km = 0.16"

Distancia promedio (D) = **1,2319 U.A**

RMS Distancia (D) = **1,2342 U.A**

## **Resultados 2º intento**

A la vista del valor obtenido de theta por el método clásico...

Paralaje promedio (theta) = **2,4837''**

Paralaje (theta) según MPC = **2,4823''**

**Valor dentro del 99,94 %**

y del valor de distancia obtenido por el método automatizado...

Distancia promedio (D) = **1,2319 A.U**

Distancia (D) según MPC = **1,2570 A.U**

**Valor dentro del 98,00 %**

¡Animamos a otros observadores a realizar experimentos parecidos!



### **Equipo OAC (Corbera, Barcelona)**

Joan Barceló

Carles Rodríguez

Ferran Morillas

Martin Casao

[www.obastcor.org/](http://www.obastcor.org/)



### **Equipo la Hita (Toledo)**

Faustino Organero

Fernando García Fonseca

Leonor Ana

[www.observatoriodelahita.org](http://www.observatoriodelahita.org)



### **Equipo Tacande (La Palma)**

Joan Genebriera

[www.astropalma.com](http://www.astropalma.com)

¡ Muchas gracias a todos los equipos !

Se ruego citar el origen para su reproducción parcial o total. Gracias.

*Joan Genebriera, Observatorio de Tacande, AAP*