

POCROA
Proyecto de Observaciones Colaborativas
Regionales de Ocultaciones Asteroidales

ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS
ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Guía teórico-práctica para astrónomos aficionados

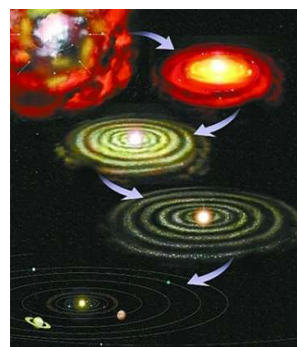
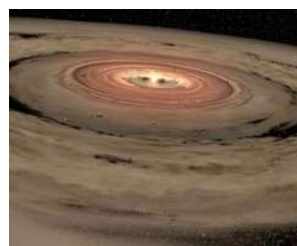
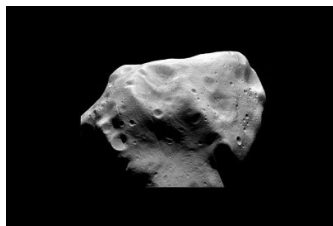
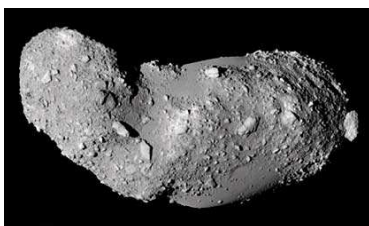
Carlos Colazo – Marcos Santucho

21/01/2019

Este apunte contiene una apretada síntesis de conceptos básicos y útiles para quien se inicia en la observación astronómica, utilizando pequeños telescopios equipados con cámaras CCDs. Sirve de guía para orientar al observador en su proceso de aprendizaje, quien deberá consultar bibliografía específica si pretende profundizar cada tema propuesto aquí.

ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Asteroides: Son pequeños cuerpos rocosos que orbitan alrededor del Sol, pero por dentro de la órbita del planeta Neptuno. Son escombros interplanetarios que quedaron a la deriva luego de la formación del sistema solar. Entre los planetas: Marte y Júpiter se encuentra la mayor cantidad y densidad de asteroides del sistema solar. Sus tamaños son: mayores de 50 m y menores de 1000 km. Sus formas son irregulares. No tienen forma esférica, porque son sólidos con fuerzas gravitatorias insuficientes para deformar la materia que los compone.



Meteoroides: Son cuerpos rocosos muy pequeños que orbitan alrededor del Sol. Tienen dimensiones menores de 50 m y la mayor cantidad son diminutas partículas que frecuentemente impactan en la atmosfera terrestre donde aumentan su temperatura -por la fricción- hasta fundirse con lo que se hacen visibles tomando el aspecto de “estrellas fugaces”.

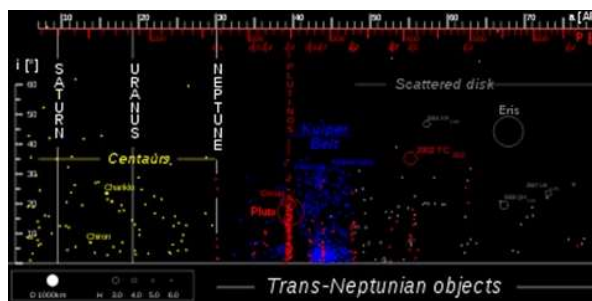
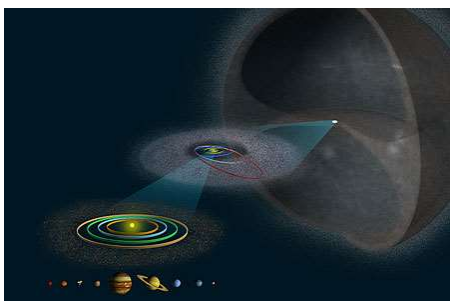
Objetos transneptunianos (TNOs): Son objetos que orbitan alrededor del Sol, pero por fuera de la órbita del planeta Neptuno (30 ua). Algunas subdivisiones son las siguientes:

Objetos del Cinturón de Kuiper (KBO): disco coplanar con los planetas, pero distante 30 a 50 ua del Sol.

Objetos del Disco disperso: Objetos con trayectorias fuertemente inclinadas respecto a los planetas y distantes varios cientos de ua.

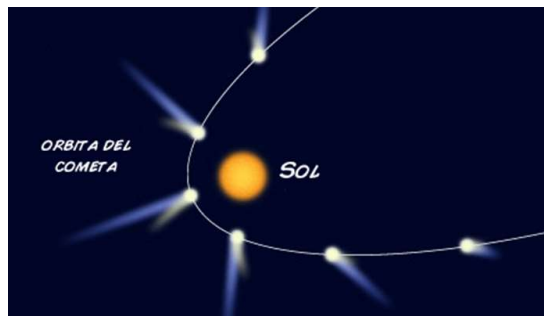
Objetos de la Nube de Oort: nube esférica distante 0,25 a 1 al del Sol (1 al = 63000 ua).

Plutoides: son los planetas enanos que se están descubriendo en las regiones transneptunianas.



ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Cometas: Son cuerpos celestes constituidos por hielos (dióxido de carbono, metano, agua), rocas, polvo y gases. Orbitan el Sol con orbitas muy excéntricas y de diferentes tamaños, algunas tienen orbitas parabólicas y se supone que hay algunas hiperbólicas. Los hielos se subliman al acercarse al Sol, formando una atmósfera de gas y polvo (coma o cabellera). En cercanías al Sol, el viento solar sopla la coma formando la cola que se opone al Sol y que suelen alcanzar varios millones de kilómetros de longitud. Algunos provienen de la Nube de Oort y otros del Cinturón de Kuiper.



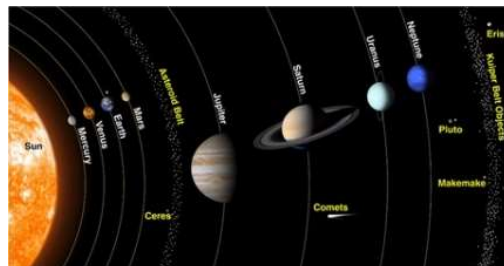
Planetas, planetas enanos y satélites: Son los objetos más conocidos del sistema solar.

Planetas: son cuerpos celestes que orbitan alrededor del Sol, tienen suficiente masa para que su gravedad supere las fuerzas del cuerpo rígido y han limpiado la vecindad de su órbita de planetesimales.

Planetas enanos: están en órbita alrededor del Sol, tienen suficiente masa para que su propia gravedad haya superado la fuerza de cuerpo rígido, pero: no han limpiado la vecindad de su órbita y tampoco son satélites.

Satélites: son cuerpos que orbitan alrededor de planetas.

Cuerpos menores: son todos los objetos que orbitan alrededor del Sol, pero que no son planetas, ni planetas enanos, ni satélites.



Órbitas: una órbita es la trayectoria que sigue un cuerpo alrededor de otro por acción de la fuerza gravitatoria.

Órbita solar: es la trayectoria de un objeto alrededor del Sol, por estar bajo su influencia gravitatoria.

Plano orbital: es el plano que contiene al Sol, el objeto y a la órbita del objeto.

Línea de Nodos: Es la intersección del plano orbital de la Tierra con el plano orbital de otro objeto, por ejemplo: un cuerpo menor.

Nodo ascendente: Punto en la línea de nodos, por donde pasa el objeto de Sur a Norte de la Eclíptica.

Longitud ecliptical del nodo ascendente (Ω): ángulo desde g hasta el nodo ascendente, de 0° a 360° en sentido directo (movimiento de la Tierra).

Inclinación (i): ángulo desde el polo Norte ecliptical hasta el polo principal del objeto. De 0° a 180° . Si $i > 90^\circ$: es una órbita retrógrada.

Argumento del perihelio (ω): de 0° a 360° en el sentido del movimiento del objeto.

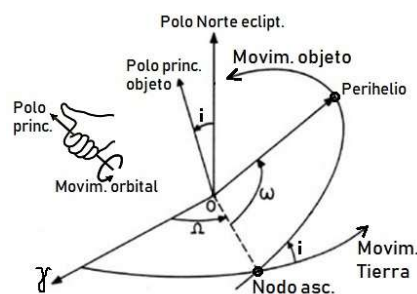
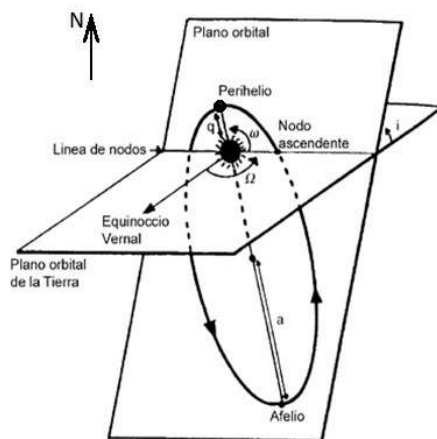
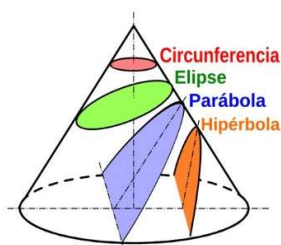
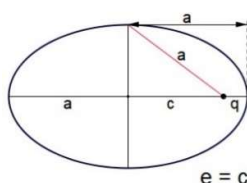
Excentricidad (e): es un parámetro que define la forma de la órbita.

si $e = 0$: la órbita es circular.

si $e < 1$: la órbita es elíptica.

si $e = 1$: la órbita es parabólica.

si $e > 1$: la órbita es hiperbólica.



Período orbital (P): tiempo que tarda el objeto en completar el recorrido de la órbita. Cuerpo ficticio: objeto ideal que recorre una órbita circular, con velocidad constante y en el mismo período orbital que el cuerpo verdadero en su órbita elíptica.

Perihelio: Posición del objeto en la mínima distancia al Sol. Ocurre cuando el objeto pasa por el semieje mayor con la velocidad máxima.

Afelio: Posición del objeto en la máxima distancia al Sol, cuando su órbita es elíptica. Ocurre cuando el objeto pasa por el semieje mayor con la velocidad mínima.

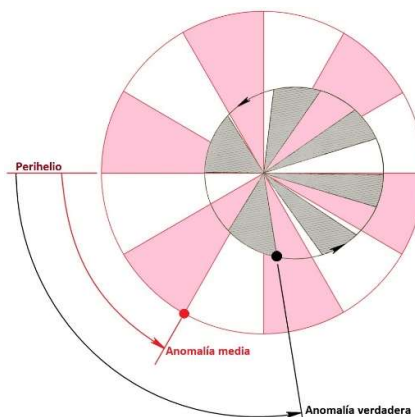
Movimiento medio (n): velocidad angular del cuerpo ficticio. $n = 360^\circ/P$.

Fecha del perihelio (t_0): fecha en la que el objeto pasa por el perihelio.

Anomalía media (M): distancia angular recorrida desde el perihelio, por el cuerpo ficticio en un tiempo $(t - t_0)$ después de pasar por el perihelio. $M = n * (t - t_0)$

Época (t): fecha en la que se define la anomalía media y en la que el objeto ocupa la anomalía verdadera.

Con la anomalía media y la excentricidad, es posible calcular la anomalía verdadera (posición del objeto en la órbita real) en la fecha de la época (t).



ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Elementos orbitales: Son los parámetros necesarios para poder calcular una órbita.

Elementos que definen **el plano de la órbita**:

1. Longitud del nodo ascendente (W o Node).
2. Inclinação (i o Incl).

Elemento que definen **la orientación de la órbita** dentro de su plano:

3. Argumento del perihelio (w o Peri).

Elementos que definen **el tamaño y la forma de la órbita**:

4. Semieje mayor (a) -en asteroides- o Distancia del perihelio (q) -en cometas-.
5. Excentricidad (e).

Elemento que definen **la ubicación del objeto en su órbita**:

6. Época: fecha para determinar una posición.
7. Anomalía media (M) de la época -en asteroides- o Época de paso por el perihelio -en cometas-.

Si se logran medir tres posiciones (astrometrías) de un cuerpo menor en la esfera celeste, es posible determinar los elementos orbitales de ese objeto.

Si se conocen los elementos orbitales, es posible predecir donde estará el objeto en un tiempo futuro y donde estuvo en el pasado (efemérides).

Agrupación de asteroides s/órbitas: Algunas subdivisiones de los asteroides.

IEOs: órbita interior a la Tierra (Atiras o asteroides apoheles)

NEAs: $q < 1.3$ UA (Atenas – Apolos – Amores)

Cruzadores de Marte: $q = 1.3$ a 1.66 UA (Marte: 1.52 UA)

Grupo Hungaria: $a = 1.75$ a 2.09 UA

Cinturón principal: $a = 2.0$ a 4.03 UA

Región interior del CP: $a = 2$ - 2.5 UA

Región media del CP: $a = 2.5$ a 2.825 UA

Región exterior del CP: $a = 2.825$ a 3.3 UA

Grupo Cybele: $a = 3.3$ a 3.65 UA

Grupo Hilda: $a = 3.71$ a 4.03 UA

Región casi vacía: $a = 4.03$ a 4.90 UA

Troyanos de Júpiter: $a = 4.90$ a 5.41 UA

Centauros: entre Júpiter y Neptuno.

Objetos cercanos a la Tierra

NEOs (NEAs y NECs): son

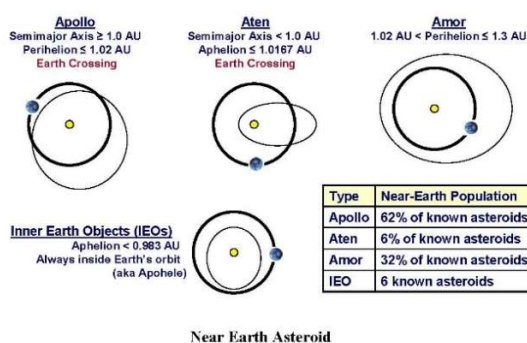
objetos (asteroides y cometas) que se aproximan a $0,3$ ua (45 millones de km) o menos de la órbita terrestre.

PHAs y PHCs: son asteroides y cometas potencialmente

peligrosos, que se aproximan a menos de $0,05$ ua (7,5 millones

de km) de la órbita terrestre, y su tamaño supera los 140m.

MOID: Distancia mínima en la intersección de las orbitas: del objeto y de la Tierra.



Brillo de los asteroides

Albedo: es la proporción de radiación reflejada por una superficie, respecto de la radiación que incide sobre ella. El albedo medio de la Tierra es de 0,4 (40%).

El albedo bajo: calienta al objeto; el albedo alto: lo enfría.

Se destacan tres tipos de asteroides:

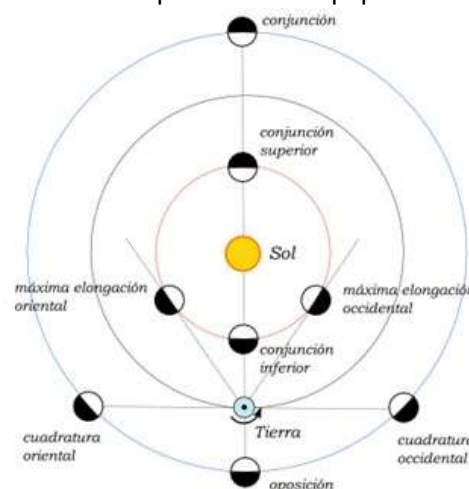
- Tipo C: Albedo $< 0,07$ – Oscuros - Silicatos y minerales ricos en carbón - 75% de los asteroides
- Tipo S: Albedo = 0.07 a 0,23 – Brillantes y rojizos – mezcla de Silicatos, metales y magnesio – 17% de los asteroides
- Tipo M: Albedo = 0.10 a 0,23 – Brillantes y ligeramente rojizos - Metales (hierro puro y/o níquel) – 8% de los asteroides.

Variación del brillo con la distancia: el brillo aparente de un asteroide, disminuye con el cuadrado de la distancia a la Tierra.

Magnitud límite de un equipo: es la magnitud de la estrella más débil que se pueda detectar, con un equipo y un sitio determinados, en una noche con buenas condiciones atmosféricas. Es importante conocer la magnitud límite al momento de planificar una observación, para filtrar los objetos que no son detectables por nuestro equipo.

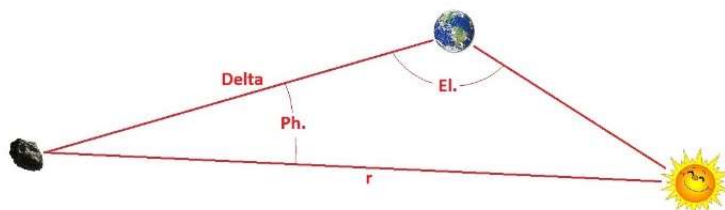
Angulo de fase (Ph.): es el ángulo entre las visuales dirigidas a: la Tierra y el Sol, vistos desde el asteroide. Se presentan tres casos particulares:

- Ph. $\approx 0^\circ$: desde la Tierra se observa el objeto en fase “llena”.
- Ph. $\approx 180^\circ$: desde la Tierra se observa el objeto en fase “nueva”.
- Ph. $\approx 90^\circ$: desde la Tierra se observa el objeto en fase de “cuarto” (creciente o menguante). Ocurre en objetos con órbitas interiores a la órbita terrestre.



Angulo de elongación (El.): es el ángulo

entre las visuales dirigidas a: el asteroide y el Sol, vistos desde la Tierra. Si el objeto tiene órbita interior a la órbita terrestre, la elongación máxima se produce cuando el ángulo de fase es de 90° .



Oposición: Posición del objeto cuando el ángulo de elongación es próximo al ángulo llano y el ángulo de fase próximo a ser nulo ($El. \approx 180^\circ$; $Ph. \approx 0^\circ$). El objeto logra el mayor brillo aparente por estar: a la menor distancia, en fase llena y por sumarse el efecto de la oposición.

Efecto de la oposición: es el aumento significativo del brillo en la oposición que se produce porque en la rugosidad de la superficie no se observan sombras.

Conjunción: Posición del objeto cuando el ángulo de elongación es próximo a ser nulo ($El. \approx 0^\circ$). Se presentan dos casos posibles:

- $Ph. \approx 0^\circ$: La proximidad aparente al Sol hace imposible su observación, aunque esté en fase “llena”.
- $Ph. \approx 180^\circ$: Conocida como “conjunción inferior”. La proximidad aparente al Sol hace imposible su observación, aunque esté a la menor distancia de la Tierra. Por otra parte, la fase que presenta el objeto es la fase “nueva”.

Órbitas interiores: Los objetos con órbitas interiores son difíciles de observar, porque tienen ángulos de elongación pequeños (solo se ven al amanecer o al atardecer). No tiene oposición, tiene dos conjunciones: superior ($El. \approx 0^\circ$; $Ph. \approx 0^\circ$) e inferior ($El. \approx 0^\circ$; $Ph. \approx 180^\circ$).

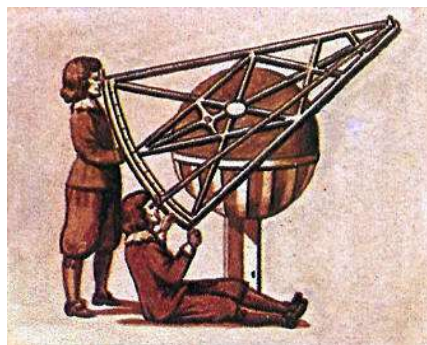
Magnitud absoluta (H): Es la magnitud aparente que tendría el cuerpo menor cuando se cumplen estas tres condiciones:

1. Estar a 1 UA del Sol.
2. Estar a 1 UA de la Tierra.
3. La cara visible desde la Tierra es 100% iluminada por el Sol.

Para calcular la magnitud aparente se utiliza un parámetro (G), que en la mayoría de los casos $G=0,15$.

Astrometría: Desde los orígenes de la Astronomía, se pretendió medir la posición y conocer el movimiento de los astros. Los resultados que se obtuvieron dieron origen a los catálogos estelares. Son muchas las construcciones de piedras de diferentes culturas que son testimonio de las mediciones que se hicieron de las posiciones de los astros. El astrolabio y el sextante con grandes círculos graduados fueron instrumentos pretelescópicos que permitieron mediciones precisas de estrellas y planetas. Las mediciones de Marte por Tycho Brahe facilitaron a Kepler la obtención de las leyes del movimiento elíptico. Con la aparición de instrumentos ópticos de precisión (círculo meridiano) y mejores técnicas de medir el tiempo, surgió la Astrometría Fundamental dedicada a obtener catálogos estelares precisos.

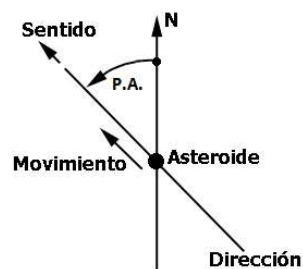
Astrometría Relativa: Basándose en los catálogos fundamentales, la Astrometría Relativa se encarga de medir las coordenadas de objetos respecto a estrellas del entorno de ese objeto que también se registran en una misma imagen y cuyas posiciones ya son conocidas. Comenzó con las placas fotográficas y hoy se aplica con imágenes obtenidas con cámaras CCDs.



Catálogos estelares: Para obtener astrometrías relativas precisas, es necesario contar con catálogos de estrellas precisos y actualizados. Los catálogos de estrellas actuales están referidos al sistema de coordenadas J2000, por lo que las astrometrías de los objetos también se obtienen en coordenadas J2000. Actualmente se utiliza el catálogo UCAC-4, o -preferentemente- el catálogo GAIA.

Astrometría por aficionados: El acceso de los aficionados a telescopios equipados con cámaras CCDs, controladas por computadoras que disponen de sistemas precisos de medir el tiempo, y programas para hacer astrometrías, permite que los astrónomos aficionados puedan detectar miles de cuerpos menores, medir sus posiciones, obtener los elementos orbitales y predecir futuras posiciones del objeto.

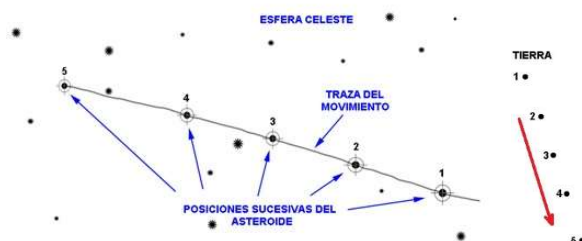
Movimientos en la esfera celeste: Cuando se fotografía un campo estelar, los asteroides presentan aspecto de objetos puntuales, como las estrellas. El nombre “asteroide” lo propuso William Herschel, por el aspecto estelar cuando se los observa proyectados sobre la esfera celeste, “entre” las estrellas. El movimiento de los asteroides alrededor al Sol -en general- es en el sentido directo, es decir: con el mismo sentido que tienen todos los planetas. La mayoría de los asteroides conocidos también se mueven próximos al mismo plano de los planetas, por eso se encuentran muchos sobre la zona del zodiaco.



Parámetros del movimiento: Para describir el movimiento aparente de un objeto en la esfera celeste, se estableció un convenio que define la dirección y el sentido del movimiento.

Ángulo de movimiento (P.A.): se mide desde el Norte del objeto hacia el Este, hasta alcanzar el sentido del movimiento del objeto. Varía de 0 a 360°. Sentido: P.A.(N) = 0°, P.A.(E) = 90°, P.A.(S) = 180°, P.A.(W) = 270°.

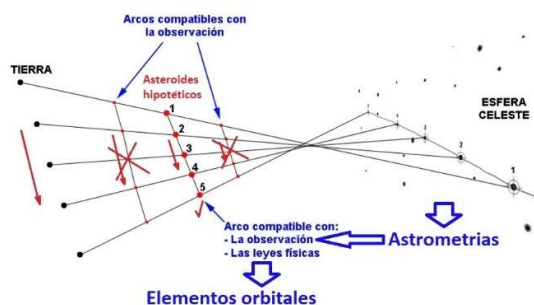
Velocidad angular: Indica la rapidez con la que se desplaza el asteroide. Se mide en "/sec, "/min, "/hr, °/day, pero generalmente se usa "/min. Es posible obtener sus componentes en los ejes RA y Dec.



ASTROMETRÍAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Astrometrías y órbitas:

Las astrometrías se hacen sobre imágenes en la “superficie de la esfera celeste”, por lo que una sola imagen no se puede aportar información para deducir la distancia al objeto. Mientras el observador mide el objeto, la Tierra también se mueve. Hay muchas posibles trayectorias compatibles con la observación, pero hay una sola geometría compatible con la observación y las leyes físicas. Con esa configuración se puede determinar la órbita del objeto. Con la órbita, se logra conocer la geometría tridimensional del movimiento en el sistema solar.



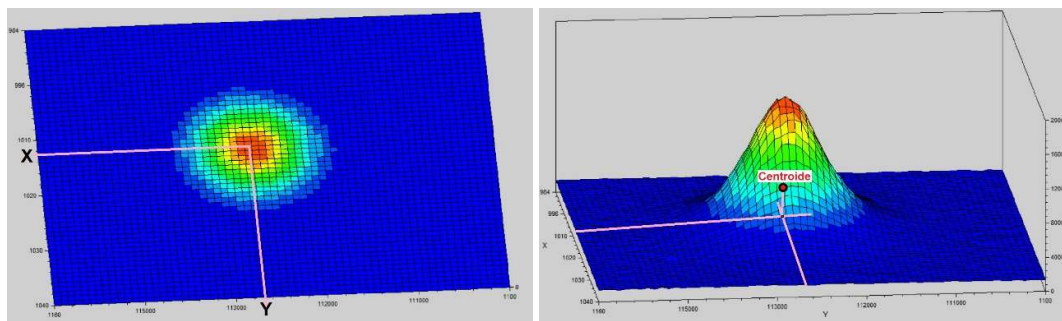
Objetivo de las astrometrías:

Con las astrometrías se pretende obtener los elementos orbitales del cuerpo menor y explicar los movimientos del objeto. Para ello es necesario un mínimo de tres astrometrías del objeto en posiciones diferentes. Cuantas más astrometrías se hagan, distribuidas en tiempos prolongados, menor será la incertidumbre de la órbita.

Requisitos para las astrometrías: Para lograr precisión y baja incertidumbre orbital, es necesario establecer algunos requisitos que deben cumplir las astrometrías que se utilicen para obtener los elementos orbitales:

- La posición del objeto se debe medir con un error inferior al arcosegundo.
- El tiempo calendario en el que se obtuvo la posición del objeto, se debe medir con un error inferior al segundo.
- La relación señal-ruido del asteroide debe ser mayor que 5, para que el centroide de la impronta del objeto y las estrellas se determine con precisión.
- Las magnitudes se deben medir con error no mayor a las décimas de magnitud.
- Se deben reportar tres astrometrías. No son deseables muchas astrometrías separadas por poco tiempo.
- La sección de la esfera celeste debe ser lo suficientemente pequeña como para tratar a la imagen como una “superficie plana del cielo”.

Centroide del objeto: Los objetos puntuales dejan una impronta en el sensor cuyo perfil se asemeja a una distribución gaussiana. El cálculo es similar al cálculo del centroide de masa de un objeto, en este caso el de la campana que emerge del fondo



ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Incertidumbres: Hay tres tipos de incertidumbre asociados con cualquier observación.

1. Incertidumbre posicional: depende de la precisión con la que se midió la posición.
2. Incertidumbre de tiempo: depende de la precisión con la que se estableció la marca de tiempo en la imagen.
3. Incertidumbre de magnitud: depende de la precisión con la que se midió la magnitud.

Las dos primeras, hacen que el conocimiento de la órbita de un cuerpo menor presente incertidumbres que provocan imprecisiones difíciles de salvar a la hora de calcular predicciones de ocultaciones asteroidales.

Incertidumbres: astrométricas y orbitales. Cada astrometría está afectada por factores de distinta naturaleza, que afectan la certidumbre de los resultados. Es por ello que los elementos orbitales que se obtengan con esas astrometrías, presentarán incertidumbres.

Algunos factores que producen incertidumbres:

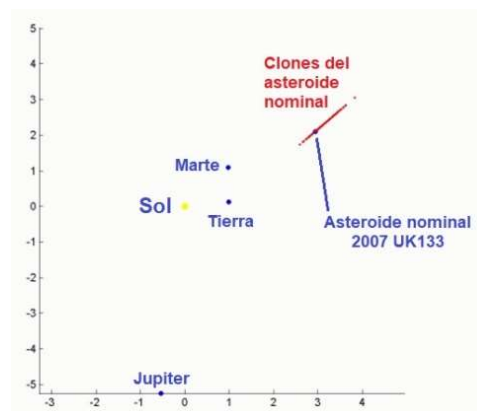
- Factores del propio objeto: brillo débil (SNR bajo), perturbaciones gravitatorias de otros objetos.
- Factores atmosféricos: absorción de la luz, refracción (desplazamiento angular y dispersión de la luz), turbulencia (seeing y centelleo).
- Factores instrumentales: aberraciones ópticas, defectos del sensor, presencia de pixeles defectuosos, defectos en: la colimación del telescopio, el centrado de accesorios y cámaras, la inclinación de sensores, el seguimiento, la localización del equipo en la esfera terrestre.
- Factores del procesamiento de imágenes: errores en catálogos de estrellas, en la determinación de centroides.
- Factores del procesamiento de datos: cantidad de mediciones, perturbadores no considerados en las ecuaciones, modelo matemático usado para las soluciones de la órbita.

Variantes de órbitas: Los valores más probables de las astrometrías, permiten obtener la órbita nominal del objeto. Las incertidumbres hacen admisible la existencia de otras orbitas también posibles (variantes de orbitas). El MPC suele publicar las variantes de orbita admisibles para un mismo objeto.

Object	H	G	Epoch	M	Peri.	Node	Incℓ.	e	n	a	NObs	NOpp	Arc	r.m.s.	Orbit ID
A107Zq1	25.6	0.15	K188A	9.73937	153.77980	139.29423	8.89683	0.3967578	0.44901829	1.6889885	18	1	0 days	0.37	NEOCPNomIn
A107Zq1	25.7	0.15	K188A	9.66374	155.29468	139.27680	8.73802	0.3756705	0.47051929	1.6321348	18	1	0 days	0.77	NEOCPV0001
A107Zq1	25.6	0.15	K188A	9.03445	156.15058	139.28105	9.01114	0.3658017	0.45763308	1.6677250	18	1	0 days	0.72	NEOCPV0002
A107Zq1	25.6	0.15	K188A	9.73937	153.77980	139.29423	8.89683	0.3967578	0.44901829	1.6889885	18	1	0 days	0.37	NEOCPV0003
A107Zq1	25.5	0.15	K188A	9.11460	154.65247	139.29822	9.16936	0.4067349	0.43639931	1.7213929	18	1	0 days	0.62	NEOCPV0004
A107Zq1	25.5	0.15	K188A	9.68544	152.44481	139.31112	9.05658	0.4180333	0.42750829	1.7451778	18	1	0 days	0.55	NEOCPV0005
Object	H	G	Epoch	M	Peri.	Node	Incℓ.	e	n	a	NObs	NOpp	Arc	r.m.s.	Orbit ID
A107Zq1	25.3	0.15	K188A	9.60900	153.59827	139.29934	8.99305	0.4042064	0.44095085	1.7095269	28	1	1 days	0.30	NEOCPNomIn

ASTROMETRÍAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Clones del asteroide nominal: Si se calculan las posiciones de los asteroides en las diferentes variantes de orbitas, todas para un mismo instante, se podrán visualizar los “clones” del asteroide nominal, ordenados en una nube alrededor del asteroide nominal. A partir de ese instante, cada clon hará su movimiento individual, haciendo que esa nube de clones vaya cambiando su aspecto a medida que transcurre el tiempo, siempre dispersándose, lo que permite entender que las altas incertidumbres en un momento dado, implican mayores dificultades para encontrar el objeto luego de largos intervalos de tiempo sin que se los observe. Esto ocurre cuando el asteroide se aproxima a la conjunción con el Sol, pasando muchos meses sin posibilidad de observarlo.



Residuos de la astrometría:

La órbita que mejor ajuste con las astrometrías (proyecciones del asteroide “observado” en la esfera celeste) es la “órbita nominal” y hace que para el mismo tiempo de cada una de las astrometrías se pueda obtener la posición de un asteroide “calculado”. Las distancias en RA y Dec entre los dos asteroides (Observado y Calculado) se las llama: “residuos”.

1. Fecha de la observación.
2. Código MPC del observatorio que lo observó.
3. Error de posición en RA.
4. Error de posición en Dec.
5. Errores entre paréntesis: mediciones que no se usan para el cálculo de órbitas.

Residuals														
20110603	703	0.1-	0.5-		20110604	I93	0.6-	0.0		20110609	H21	0.1-	0.2-	
20110603	703	1.3-	0.5-		20110604	I93	0.6-	0.4-		20110609	H21	0.2-	0.1-	
20110603	703	1.2-	0.8+		20110604	I93	0.8+	0.5-		20110609	H21	0.2+	0.0	
20110603	703	1.1-	0.3+		20110605	704	0.1-	0.2+		20110610	807	0.0	0.1-	
20110603	703	0.4+	0.0		20110605	704	0.1+	0.0		20110610	807	0.0	0.0	
20110603	703	0.6-	0.3+		20110605	704	0.9+	0.0		20110610	807	0.1-	0.0	
20110603	703	0.2-	0.3+		20110605	704	0.7+	0.0+		20110610	807	0.3-	0.2+	
20110603	387	0.1-	0.1-		20110605	G96	0.2-	0.0		20110610	807	0.0	0.1+	
20110603	387	0.3+	0.7-		20110605	G96	0.5-	0.1+		20110610	807	0.2-	0.1-	
20110603	387	0.1-	0.2-		20110605	G96	0.1-	0.1+		20110610	448	0.9-	1.0+	
20110603	395	0.7+	0.1-		20110605	G96	0.3+	0.1+		20110610	448	0.6+	0.5+	
20110603	395	0.4+	0.1-		20110605	G96	0.2-	0.1-		20110610	448	(1.7- 1.2+)		5
20110603	395	0.2-	0.2-		20110605	G96	0.1-	0.1+		20110611	807	0.0	0.2-	
20110604	510	0.5+	0.7-		20110605	G96	0.1-	0.0		20110611	807	0.1+	0.1-	
20110604	510	0.4-	0.6+		20110605	G96	0.1-	0.1+		20110611	807	0.1-	0.2-	
20110604	510	0.2-	0.2+		20110605	G96	0.1+	0.1+		20110612	807	0.1+	0.2-	
20110604	I19	0.1-	0.2+		20110605	G96	0.6-	0.1+		20110612	807	0.3-	0.1+	
20110604	I19	0.0	0.7+		20110605	G96	0.1-	0.0		20110612	807	0.1+	0.1-	
20110604	I19	0.6-	0.9-		20110606	G96	0.1-	0.1-		20110617	H21	0.1-	0.6-	
20110604	H21	0.1+	0.3+		20110606	G96	0.3-	0.1+		20110617	H21	0.2+	0.6-	
20110604	H21	0.1-	0.1+		20110606	G96	0.1+	0.1-		20110617	H21	0.0	0.7-	
20110604	H21	0.0	0.1+		20110606	204	0.4+	0.2-		20110617	H21	0.1+	0.6-	
20110604	H21	0.0	0.2+		20110606	204	0.1+	0.0		20110621	H21	0.2-	0.6+	
20110604	H21	0.0	0.6+		20110607	H21	0.4+	0.4-		20110621	H21	0.1-	0.5+	
20110604	H21	0.1+	0.2+		20110607	H21	0.1+	0.0		20110621	H21	0.2-	0.3+	
20110604	H21	0.0	0.2+		20110607	H21	0.4+	0.4-		20110621	H21	0.0	0.0	
20110604	H21	0.0	0.1+		20110608	H21	0.1+	0.1+		20110625	G96	0.2+	0.0	
20110604	H21	0.0	0.1+		20110608	H21	0.1+	0.2+		20110625	G96	0.3+	0.2-	
20110604	H21	0.0	0.0		20110608	H21	0.1+	0.2+		20110625	G96	0.1+	0.1+	
20110604	H21	0.3+	0.1-		20110608	H21	0.1+	0.1+		20110625	G96	0.3-	0.4+	
20110604	H21	0.3+	0.0		20110608	H21	0.1-	0.3+						

Last observed on 2011 June 25. Perturbed ephemeris below based on elements from MPO 201158.

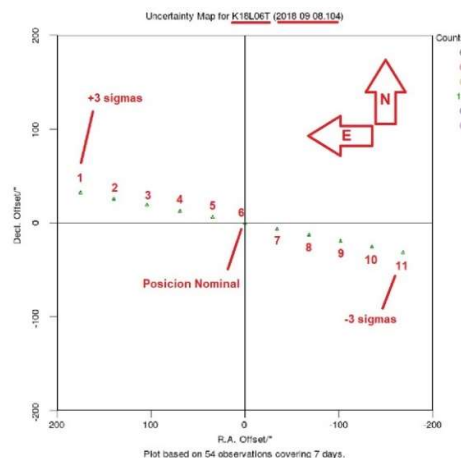
Mapas de incertidumbre:

EL MPC suele generar mapas centrados en el asteroide nominal, acompañado con una distribución de las posiciones de los clones para el mismo instante. En caso que no se lo encuentre en la posición nominal, estos mapas ayudan a orientar la búsqueda.

El gráfico da una indicación de la incertidumbre de la zona del cielo donde se espera encontrar el objeto en la fecha y hora especificadas. La incertidumbre se muestra como desplazamientos (en segundos de arco) tanto en RA como en Decl., a partir de una predicción nominal.

La extensión de los triángulos y su agrupamiento deberían permitir al observador hacer un juicio razonable sobre si el objeto es o no adecuado para observar con la configuración del equipo del que se dispone.

Las ubicaciones del objeto, de acuerdo con otras predicciones (variantes de la órbita nominal) se muestran mediante triángulos de colores con los desplazamientos correspondientes. Esas posiciones son calculadas a partir de las mismas observaciones iniciales, pero haciendo suposiciones diferentes en cada elemento de órbita, en virtud de las incertidumbres. Si muchas de estas predicciones cubren sólo una pequeña cantidad de cielo, es posible que se vea un área sólida de color, en lugar de los



Content-type: text/html

Uncertainty Offsets for K18L06T (2018 09 08.104)

+175	+32	Variant orbit # 1	← +3-sig"
+139	+26	Variant orbit # 2	
+104	+19	Variant orbit # 3	
+69	+13	Variant orbit # 4	
+34	+6	Variant orbit # 5	
+0	+0	Variant orbit # 6	← Posicion nominal
-34	-6	Variant orbit # 7	
-68	-13	Variant orbit # 8	
-102	-19	Variant orbit # 9	
-135	-25	Variant orbit # 10	
-168	-31	Variant orbit # 11	← -3-sig"

/var/www/html/mpc/public/tmp/unc-20180901000229580514659-38114.txt not found

triángulos individuales. Apenas se incorporan nuevas astrometrías, el mapa reduce considerablemente las zonas de incertidumbres y el número de variantes de órbita.

Centro de Planetas Menores: Fundado en 1947, en la Universidad de Cincinnati, el Minor Planet Center (MPC) es el único lugar mundial para la recepción y distribución de mediciones de las posiciones de los cuerpos menores. El MPC es responsable de la identificación, designación y cálculo de la órbita de todos estos objetos. Mantiene archivos de observaciones y elementos orbitales. Registra los descubrimientos de objetos y los anuncia al resto del mundo a través de circulares electrónicas y un extenso sitio web.

El MPC opera –desde 1978- en el Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) de la Universidad de Harvard en Cambridge, bajo los auspicios de la División F de la Unión Astronómica Internacional (IAU). <https://www.minorplanetcenter.net/>

ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

Las mediciones son realizadas por algunos centenares de observadores en todo el mundo, entre los que se encuentran observatorios argentinos. El MPC admite la colaboración de los astrónomos aficionados para obtener datos de estos cuerpos menores. En los últimos años, la evolución de la informática y la electrónica, han hecho posible que los astrónomos aficionados dispongan de la técnica y del material lo suficientemente precisos como para obtener resultados satisfactorios para las exigencias de la comunidad científica. Para que una medición sea validada por el MPC, el observatorio debe pasar por una evaluación de consistencia y exactitud de sus mediciones. La aprobación de la evaluación concluye en la asignación de un código permanente para ese observatorio.

Efemérides: Son predicciones de la posición del cuerpo menor que posibilita la búsqueda: en un instante y desde un sitio determinados. La precisión de una efeméride, depende de la incertidumbre que se tenga de los elementos orbitales. El MPC pone -a disposición de todos- una página web que permite generar efemérides de un objeto, para las fechas y horas que se deseen. Las coordenadas del objeto cambian en diferentes tiempos debido a los movimientos: propio del objeto y propios del observatorio. Esas coordenadas se calculan en base a los datos del catálogo de asteroides y cometas del MPC (MPCORB.dat). Para obtener efemérides precisas se debe ingresar la posición del observador o el código MPC del observatorio. Cuanto mayor sea la anticipación del cálculo de las efemérides, más imprecisos serán los resultados. La página ofrece variada información del objeto, entre ellas:

- Necesidad -o no- de nuevas mediciones.
- Detalles de las observaciones anteriores.
- Incertidumbres esperadas en la posición del objeto.

<https://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>

The screenshot shows the MPC Ephemeris web form. A yellow arrow points to the browser address bar. Red boxes with numbers 1 through 7 highlight specific features: 1. 'Get ephemerides/HTML page' button; 2. List of objects (2018 LT6 [1] to [9]); 3. 'Ephemeris start date' field; 4. 'Number of dates to output' field; 5. 'Ephemeris interval' field; 6. 'Ephemeris units' radio buttons; 7. 'Observatory code' field.

Al ingresar se deben completar algunos formularios:

1. Botón para generar efemérides. Se aplica al finalizar el llenado del formulario.
2. Cuadro de ingreso de la designación o el nombre del objeto. Se puede ingresar una lista de hasta 100 designaciones o nombres, una sola por renglón. Se obtienen efemérides de cada objeto. Si se desea obtener efemérides de las diferentes

ASTROMETRIAS Y ELEMENTOS ORBITALES DE CUERPOS MENORES

variantes de órbitas, se coloca la designación seguida del número de variante de órbita entre corchetes.

3. Fecha (TU) de la primera efeméride con el formato: aaaa mm dd hhmmss
4. Numero de fechas de efemérides.
5. Intervalo entre las efemérides.
6. Unidad de medida del intervalo entre las efemérides.
7. Código MPC del observatorio.

Format for elements output:

<input type="radio"/> none	<input type="radio"/> MPC 1-line	<input checked="" type="radio"/> MPC 8-line 1
<input type="radio"/> SkyMap (SkyMap Software)	<input type="radio"/> Guide (Project Pluto)	<input type="radio"/> xephem (E. Downey)
<input type="radio"/> Home Planet (J. Walker)	<input type="radio"/> MyStars! (Relative Data Products)	<input type="radio"/> TheSky (Software Bisque)
<input type="radio"/> Starry Night (Sienna Software)	<input type="radio"/> Deep Space (D. S. Chandler)	<input type="radio"/> PC-TCS (D. Harvey)
<input type="radio"/> Earth Centered Universe (Nova Astronomics)	<input type="radio"/> Dance of the Planets (ARC)	<input type="radio"/> MegaStar V4.x (E.L.B. Software)
<input type="radio"/> SkyChart 2000.0 (Southern Stars Software)	<input type="radio"/> Voyager II (Carina Software)	<input type="radio"/> SkyTools (CapellaSoft)
<input type="radio"/> Autostar (Meade Instruments)		

If you select 8-line MPC format, you may display the residual block for the objects selected:

2 ☐ Show residuals blocks. Show only residual lines containing observations from code **3**

If you select 8-line MPC format the elements will be displayed with the ephemerides. If you select any format other than MPC format only the elements are returned. download the elements file then save it to your local disk.

4

1. Elegir el formato MPC 8-Line.
2. Tildar el cuadro, si se desea ver los residuos de las observaciones anteriores.
3. Si se desea ver solo los residuos de observaciones realizadas por un observatorio específico: completar el cuadro con el código MPC del observatorio.
4. Botón para generar efemérides. Tiene la misma función que el primero.

← → ↻ <https://cgi.minorplanetcenter.net/cgi-bin/mpcph2.cgi>

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 **119**. **1**

2018 LT6 **2**

[Display all designations for this object](#) / # of variant orbits available = **11** **3**

Epoch 2018 Mar. 23.0 TT = JDT 2458200.5		MPC	
N 322.87810	(2000.0)	P	Q
n 0.27756989	Peri. 230.51749	+0.79695204	+0.58732321
a 2.3274899	Node 93.06272	+0.59169417	+0.77372188
e 0.6016934	Incl. 8.12517	-0.33640811	+0.23745924
P 3.55	H 22.3	G 0.15	U 7

From 54 observations 2018 June 15-22, mean residual 0".38. **5**

Last observed on 2018 June 22. **6** Perturbed ephemeris below based on elements from **MPEC 2018-O39**. **7**

Date	UT	H.A. (J2000)	Decl.	Delta	r	El	Ph	V	Sky Motion	P.A.	Object	Sun	Moon	Phase	Dist	Alt.	Uncertainty info
9	h	m	s	11	12	13	14	15	"/min	°	A21	Alt	Alt	°	°	°	3-sig P.A.
2018 09 08 023000	05	36	18.0	+04 19 42	0.450	1.044	81.9	72.8	23.2	0.67	065.3	285	-31	-55	0.04	061	-74
2018 09 08 030000	05	36	19.2	+04 19 50	0.451	1.044	81.9	72.8	23.2	0.67	064.9	281	-25	-59	0.04	061	-74
2018 09 08 033000	05	36	20.4	+04 19 59	0.451	1.044	81.9	72.8	23.2	0.66	064.6	276	-18	-63	0.04	062	-72
2018 09 08 040000	05	36	21.6	+04 20 07	0.451	1.044	81.9	72.8	23.2	0.65	064.2	272	-12	-64	0.04	062	-68

2018 LT6 [Variant orbit # 1, L-O-V sigma = -3.000] **28**

[Display all designations for this object](#) / # of variant orbits available = 11

1. Observatorio para el que se hacen las efemérides.
2. Identificación del cuerpo menor al que se refieren los datos de la página.

3. Variantes de órbitas disponibles para hacer efemérides.
4. Elementos orbitales.
5. Cantidad de observaciones.
6. Última observación registrada.
7. Circular con los últimos datos sobre este objeto.
8. Denominación abreviada.
9. Fecha (TU) de la efeméride con formato: aaaa mm dd hhmmss.
10. Coordenadas RA y Dec (J2000).
11. Distancia Tierra-Objeto (Delta), en UA.
12. Distancia Sol-Objeto (r) en UA.
13. Elongación (El.) en grados.
14. Ángulo de fase (Ph) en grados.
15. Magnitud visual (V).
16. Velocidad angular aparente en "/min.
17. Angulo de movimiento aparente (P.A.) en grados.
18. Acimut del Objeto en grados.
19. Altura del Objeto en grados.
20. Altura del Sol en grados.
21. Fase de la Luna en grados.
22. Distancia angular Luna-Objeto en grados.
23. Altura de la Luna en grados.
24. Incertidumbre para 3 sigmas, en arcosegundos.
25. Angulo de la línea de variación.
26. Mapa de incertidumbre de posición.
27. Incertidumbres de posición de las variantes de órbita.
28. Encabezado de efemérides de una variante de órbita.

Círculo virtuoso de la Astrometría: Cuando se localiza un cuerpo menor, se lo puede observar con cámaras CCDs montadas en telescopios con seguimiento ecuatorial. Teniendo ciertas precauciones en la configuración del equipo, es posible lograr astrometrías suficientemente precisas del objeto. Si se incorporan esas astrometrías a las anteriores obtenidas por observatorios de la red del Minor Planet Center, es posible mejorar el conocimiento de los elementos orbitales de ese cuerpo menor, reduciendo la incertidumbre orbital del objeto. Con una órbita mejor determinada, las efemérides para planificar búsquedas futuras serán más precisas, con lo cual es posible localizar nuevamente el objeto y reiniciar el ciclo virtuoso de la Astrometría.

