

Calculo de los Parámetros Orbitales del Asteroide 2003QO104

Determination of Orbital Parameters of the 2003QO104 Asteroid

A. Quijano^{a*}, M. Rojas^a, L. Chaves^a
^aUniversidad de Nariño

Aceptado Octubre 2011; Publicado en línea Enero 2012

Resumen

El objetivo central del presente trabajo es el estudio del 2003 QO104 cuyo diámetro está comprendido entre 2.5 y 4 kilómetros. Este masivo asteroide tiene aproximadamente un tercio del tamaño del impactor K-T que probablemente hizo desaparecer a los dinosaurios 65 millones de años atrás. Fue descubierto el 31 de Agosto del 2003 por el sistema NEAT-Haleakala-AMOS y gira alrededor del Sol en 1139.73 días. Estuvo el 9 de junio del 2009 a 36.8 distancias lunares. Estudiamos al asteroide 2003 QO104 durante varios días del mes de junio del 2009 y realizamos astrometría de precisión. Con esos datos calculamos su órbita.

Palabras claves: Asteroide, Impactor K-T, NEAT-Haleakala-AMOS, Astrometría, órbita.

Abstract

The main objective of this work is the study of the 2003 QO104 whose diameter ranges from 2.5 to 4 kilometers. This massive asteroid is about 1/3rd the size of the K-T impactor that probably wiped out the dinosaurs 65 million years ago. It was discovered on August 31st 2003 by the NEAT-Haleakala-AMOS system and turns around the Sun in 1139.73 days. It was at 36.8 lunar distances on June 9th 2009 (miss distance). We studied the asteroid 2003 QO104 during several days of June of this year (2009) and we carried out precision astrometry. We calculated its orbit with these data.

Keywords: Asteroid, Impator K-T, NEAT-Haleakala-AMOS, Astrometry, Orbit .

1. Introducción

El Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño capturó fotografías de dos Asteroides bastante grandes, uno de ellos catalogado potencialmente peligroso por NASA. Los asteroides se denominan en el argot astronómico 2003 QO104 y 1994 CC. NASA considera potencialmente peligrosos aquellos cuerpos superiores a 100 metros de tamaño y que se aproximan a la Tierra a una distancia menor a 7.500.000 kilómetros. El 1994 CC [1] tiene un tamaño de 700 metros y posee dos pequeñas lunas. Pasó en junio 10 del 2009 a una distancia de nuestro planeta de 2.537.047 km; una distancia que está dentro de los márgenes para ser clasificado como potencialmente peligroso. Dicho Asteroide gira alrededor del Sol en 2 años, 1 mes y 6 días aproximadamente y fue descubierto por el sistema SPACEWATCH del gigantesco telescopio KITT PEAK. El Observatorio de Pasto se ha destacado en Colombia por haber fotografiado gran cantidad de Asteroides, muchos de ellos supremamente débiles en brillantez. En el 2008 nuestro Observatorio recibió el Código Inter-

nacional “H78” del MINOR PLANET CENTER de USA [2], por suministrar a esta institución datos científicos de gran calidad tanto de asteroides como de cometas. Nuestros datos también aparecen en la página web de NEODyS [3]. Imágenes del 2003 QO104 fueron publicadas en la página SPACEWEATHER de NASA (junio 09/2009) [4] y fueron capturadas con el siguiente equipo: 14” LX200 GPS MEADE (f/10 Schmidt-Cassegrain Telescope) and STL-1001 SBIG camera.

2. Determinación de la declinación y ascensión recta

Con el fin de calcular las coordenadas del asteroide se utilizó el método de interpolación polinómica (método de Lagrange).[5]

Para ello es necesario identificar en cada una de las fotografías varias estrellas y emplear sus coordenadas (Este trabajo se realizó con los programas THE SKY-6 y CCDSOFT-5).

Sean : $\alpha_1, \alpha_1, \dots, \alpha_n$ las ascensiones rectas de las estrellas patrón y $\delta_1, \delta_1, \dots, \delta_n$ las declinaciones de las estrellas patrón o estrellas de referencia estándar.

Mediante software astronómico apropiado (MaxIm, CCD Soft, etc) se debe medir en cada fotografía las coordenadas rectangulares de cada estrella de referencia: x_n, y_n del asteroide dadas por el cursor del software MaxIm DL5 o de cualquier otro programa.

Entonces para cada estrella patrón se obtiene:

$$\mathbf{r}_n^2 = \mathbf{X}_n^2 + \mathbf{Y}_n^2 \quad (1)$$

La ascensión recta y la declinación del asteroide se calculan entonces con las siguientes ecuaciones:

$$\alpha_A = \alpha_1 \frac{l_1}{g_1} + \alpha_2 \frac{l_2}{g_2} + \dots + \alpha_n \frac{l_n}{g_n} \quad (2)$$

$$\delta_A = \delta_1 \frac{l_1}{g_1} + \delta_2 \frac{l_2}{g_2} + \dots + \delta_n \frac{l_n}{g_n} \quad (3)$$

Donde :

$$g_n = (r_n - r_1)(r_n - r_2) \dots (r_n - r_{n-1}) \quad (4)$$

y

$$l_n = (r_A - r_1)(r_A - r_2) \dots (r_A - r_{n-1}) \quad (5)$$

En la última expresión el valor de r_A corresponde al asteroide y se calcula con las coordenadas rectangulares x_A, y_A del asteroide que se miden mediante software adecuado, colocando el cursor en el centroide del asteroide.

A continuación se transforman las coordenadas ecuatoriales geocéntricas del asteroide en coordenadas ecuatoriales heliocéntricas. Por último se debe realizar una transformación de rotación para llegar a coordenadas

eclípticas partiendo de las heliocéntricas. Para ello es necesario trabajar con el ángulo ϵ , cuyo valor cambia muy poco con el transcurso del tiempo

$$x' = x \quad y' = z \operatorname{sen}(\epsilon) + y \operatorname{cos}(\epsilon) \quad z' = z \operatorname{cos}(\epsilon) - y \operatorname{sen}(\epsilon)$$

donde x, y, z son las coordenadas ecuatoriales, x', y', z' son las coordenadas eclípticas del asteroide, y $\epsilon = 23.439291 - 0.0130042 T - 0.00000016 T^2$ es el ángulo entre la eclíptica y el ecuador celeste. A manera de ejemplo, las gráficas experimentales de la ascensión recta y declinación del asteroide obtenidas con fotografías del 13 y 19 de junio del 2009 (U.T) se presentan a continuación: (Nuestra base de datos es más extensa)

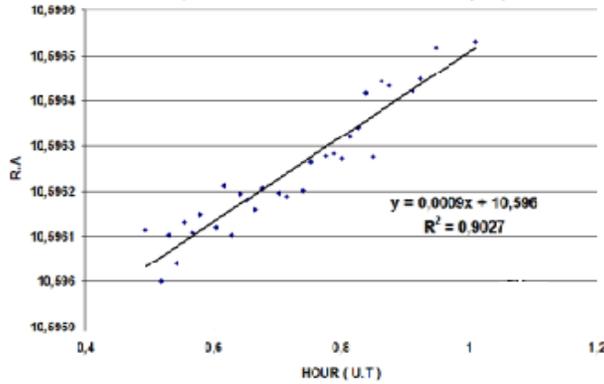


Fig. 1 RA del asteroide 2003 QO104. Junio 13/2009 (UT)

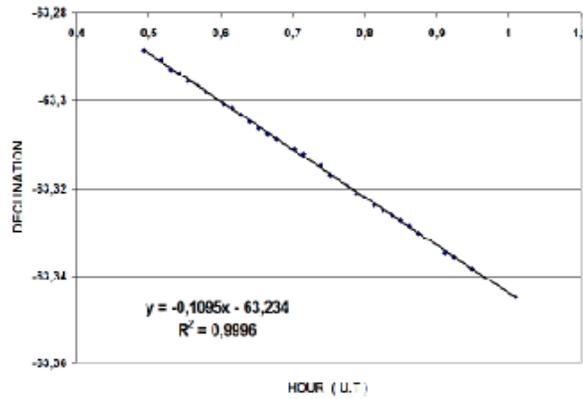


Fig. 2 DEC del asteroide 2003 QO104. Junio 13/2009 (UT)

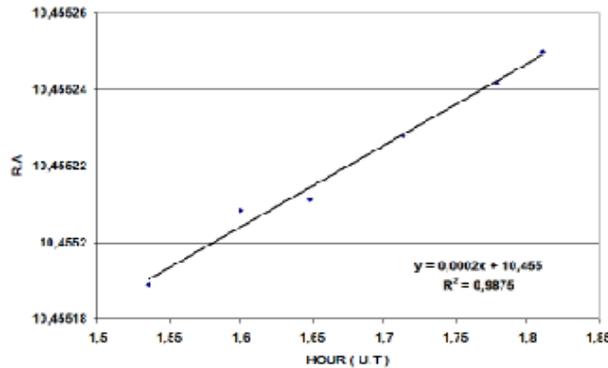


Fig. 3 RA del asteroide 2003 QO104. Junio 19/2009 (UT)

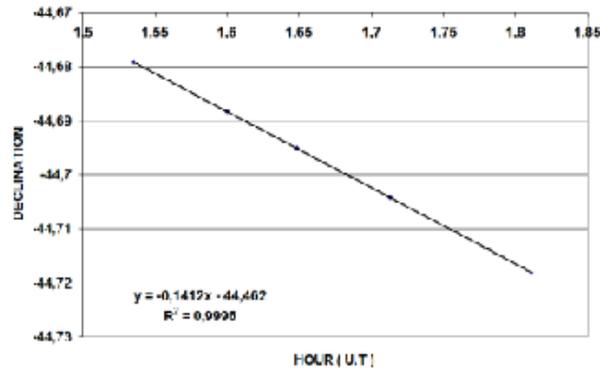


Fig. 4 DEC del asteroide 2003 QO104. Junio 19/2009 (UT)

3. Determinación de la Órbita. [6]

Para determinar una órbita preliminar se tienen las siguientes ligaduras si el problema es de dos cuerpos:

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{\mu \vec{r}}{r^3} \quad (6)$$

y

$$\vec{r} = p\vec{L} - \vec{R} \quad (7)$$

\vec{r} = Distancia Sol-Asteroide.

$p\vec{L}$ = Distancia Tierra-Sol.

\vec{R} = Distancia Sol-Tierra.

$$\vec{L} = (\cos(\delta) \sin(\alpha), \cos(\delta) \sin(\alpha), \sin(\delta))$$

$$|\vec{L}| = 1$$

Y si tenemos en cuenta las perturbaciones producidas por otros cuerpos la aceleración está expresada por:

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{\mu \vec{r}}{r^3} + \sum_q^n m_q \left[\frac{P_q}{P_q^3} - \frac{\vec{r}_q}{r_q^3} \right] \quad (8)$$

En la última ecuación m_q es la masa del cuerpo perturbador. Para calcular los parámetros orbitales se emplean los métodos de Laplace, Gauss y de Olbers. En el método de Laplace, se parte de los siguientes datos y ligaduras:

$$\left[t, \vec{L}, \frac{d\vec{L}}{dt}, \frac{d^2\vec{L}}{dt^2}, \vec{R}, \frac{d\vec{R}}{dt}, \frac{d^2\vec{R}}{dt^2} \right] \quad (9)$$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\frac{\mu\vec{r}}{r^3} \quad (10)$$

y

$$\vec{r} = p\vec{L} - \vec{R} \quad (11)$$

Después de un proceso matemático se llega a la ecuación escalar de Lagrange de grado ocho que se resuelve por el método de Newton-Raphson, pues se conocen $f(x)$ y $f'(x)$.

$$r^2 = A^2 + \frac{2\mu AB}{r^3} + \frac{\mu^2 B^2}{r^6} + AE + \frac{\mu BE}{r^3} + F \quad (12)$$

Si

$$a = -(A^2 + AE + F) \quad (13)$$

$$b = -\mu(2AB + BE), \quad (14)$$

$$c = -\mu^2 B^2 \quad (15)$$

Entonces se llega a la ecuación de Lagrange:

$$f(r) = r^8 + ar^6 + br^3 + c \quad (16)$$

$$f'(r) = 8r^7 + 6ar^5 + 3br^2 \quad (17)$$

Como resultado se obtiene el valor de r y luego se calculan: $p, dp/dt$:

$$p = A + \frac{\mu B}{r^3} \quad (18)$$

y

$$\frac{dp}{dt} = C + \frac{\mu D}{r^3} \quad (19)$$

Entonces se obtiene:

$$\vec{r} = p\vec{L} - \vec{R} \quad (20)$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dp}{dt}\vec{L} + p\frac{d\vec{L}}{dt} - \frac{d\vec{R}}{dt} \quad (21)$$

Y entonces se obtiene:

$$\left\{ t, \vec{r}, \frac{d\vec{r}}{dt} \right\} \quad (22)$$

El método de Gauss es más complejo que el de Laplace pero permite una solución más refinada. Se parte de tres conjuntos de datos:

$$\left\{ t_i, \vec{L}_i, \vec{R}_i \right\} i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (23)$$

Y de las siguientes ligaduras:

$$T_1 = k(t_1 - t_2) \quad (24)$$

$$T_3 = k(t_3 - t_2) \quad (25)$$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\frac{\mu\vec{r}}{r^3} \quad (26)$$

$$\vec{r}_1 = f_1\vec{r}_2 + g_1\frac{d\vec{r}_2}{dt} \quad (27)$$

$$\vec{r}_3 = f_3\vec{r}_2 + g_3\frac{d\vec{r}_2}{dt} \quad (28)$$

$$\vec{r}_i = p_i\vec{L}_i - \vec{R}_i \quad (29)$$

Empleando el software que se diseñó en nuestro Observatorio en Visual Basic y para mayor precisión utilizando el programa libre denominado "ORBIT DETERMINATION SOFTWARE" [7] del Proyecto PLUTON de NASA que tiene en cuenta las perturbaciones gravitacionales de varios cuerpos (Tierra, Luna, Marte y

Júpiter) se determinaron los parámetros orbitales del asteroide 2003QQ104. Este software funciona únicamente con datos astrométricos que han sido colocados en el formato científico del Minor Planet Center-MPC. Dispone de un menú bastante ágil mediante el cual es posible determinar los parámetros orbitales con varios métodos: Herget-Step, Vaisala, Gauss, etc. Con Vaisal es posible estimar aproximadamente la órbita con pocos datos. También posee filtros para eliminar los datos que más se apartan de un cierto valor estadístico. El método más preciso se consigue con la herramienta AUTO-SOLVE. Es posible calcular la órbita seleccionando como cuerpos perturbadores a todos los planetas y determinados asteroides.

4. Conclusiones

Excentricidad = 0.5244282, semi-eje mayor = 2.13491648 A.U, inclinación orbital = 11.61549 grados, longitud del nodo ascendente = 58.30828 grados, argumento de perihelio = 183.53924 grados, período orbital = 3.12 años, movimiento promedio = 0.31596046 grados por día, distancia de perihelio = 1.01530595 A.U, distancia de afelio = 3.25452701 A.U.

Los parámetros se calcularon en base a 72 observaciones: Desde junio 3/2009 a junio 20/2009 con un error RMS de 1.393 segundos de arco.

5. Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecen a la Dra. Adriana Ocampo [8] (científica de NASA-HQ-DG000) por sus importantes sugerencias.

6. Referencias

- [1] Jet Propulsion Laboratory-NASA. News and Features Triple asteroid system. <http://www.jpl.nasa.gov/news/features.cfm?feature=2259>.
- [2] Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) Minor Planet Center (MPC) <http://www.cfa.harvard.edu/iau/info/ObservatoryCodes.html>.
- [3] Near Earth Objects – Dynamic Site. <http://newton.dm.unipi.it/neodys>.
- [4] Spaceweather.Com News and Information about the Sun-Earth environment. <http://www.spaceweather.com>.
- [5] Boulet, Dan. Methods of orbit determination for the micro computer. Virginia, Willmann-Bell, Inc, 1991. p.389-411.
- [6] Bate, Roger, Mueller, Donald. White, Jerry. Fundamentals of Astrodynamics. Dover Publications, INC. New York. USA. 1971.
- [7] Project Pluto NASA. <http://www.projectpluto.com>.
- [8] Jet Propulsion Laboratory- NASA. <http://www.jpl.nasa.gov/tours/women/ocampo.html>.