

Sistema y marco de referencia celeste internacional y parámetros de la orientación terrestre

Laura I. Fernández

Laboratorio MAGGIA (UNLP-CIC)
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
Universidad Nacional de La Plata y CONICET, Argentina

lauraf@fcaglp.unlp.edu.ar

El Sistema de Referencia Celeste Internacional (ICRS¹³) fue adoptado por la IAU¹⁴ en su XXIII Asamblea General celebrada en Kyoto (Japón) en 1997 en remplazo del catálogo estelar dinámico FK5¹⁵, y entró en vigencia el 1 de enero de 1998. Mientras que los orígenes de referencia y los planos fundamentales del FK5 y sus predecesores estaban relacionados con la dinámica de la Tierra trasladándose en el espacio, los ejes del ICRS son direcciones convencionalmente fijas en el espacio. Aunque diferentes, el plano fundamental y origen de las ascensiones rectas (α) del ICRS se ubican *próximos* (i.e. dentro de las incertezas del FK5 según lo establecido por la IAU) al plano del Ecuador celeste medio y equinoccio dinámico J2000.0 (Kaplan, 2005).

El Marco de Referencia Celeste Internacional (ICRF¹⁶) es la materialización del ICRS y se basa en las coordenadas de radiofuentes extragalácticas observadas las antenas de la Interferometría de línea de base muy larga (VLBI¹⁷). La estabilidad rotacional del marco se basa en la suposición de que las fuentes no tienen movimientos propios. La primera realización del ICRF incluyó 608 radiofuentes, de las cuales sólo 212 objetos admitieron ser calificadas como *fuentes de definición*, esto es, el conjunto de radiofuentes responsables de la orientación de los ejes del ICRS.

A lo largo del tiempo diferentes grupos de expertos vinculados a la IAU y al IERS¹⁸ fueron los encargados del estudio de la estabilidad, la calidad astrométrica de las radiofuentes del marco y de su densificación. El ICRF fue sucedido por el ICRF2 y desde el 1 de enero de 2019 la IAU adoptó el ICRF3 con características únicas respecto de sus predecesores. Efectivamente, el ICRF3 no sólo contiene la información de 40 años de observaciones VLBI en sus frecuencias estándar (banda S/X), sino que también incluye por primera vez datos observacionales en radio a frecuencias mayores (bandas K y X/Ka) (Charlot et al., 2020).

En esta escuela se repasaron las diferencias conceptuales entre sistema y marco de referencia, ejemplificando el método de los cuatro pasos (Kovalevsky & Mueller, 1989) para la materialización de un sistema de referencia celeste. Asimismo, y luego de la presentación de una línea de tiempo enfocada en las características técnicas del ICRF hasta nuestros días, se presentaron brevemente los lineamientos teóricos de la Precesión y la Nutación terrestre para introducir a los Parámetros de la Orientación Terrestre (EOP¹⁹).

Los EOP constituyen un juego de 5 parámetros que caracterizan completamente la orientación de la Tierra en el espacio, pero que también se utilizan para estudiar las irregularidades de la rotación terrestre. Dos de ellos corresponden a los *corrimientos del polo celeste* (más conocidos por su denominación en inglés: *celestial pole offsets*) y tienen en cuenta

13 International Celestial Reference System

14 International Astronomical Union

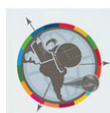
15 Fifth Fundamental Catalogue

16 International Celestial Reference Frame

17 Very Large Baseline Interferometry

18 International Earth Rotation and reference systems Service

19 Earth Orientation Parameters



Facultad de Ciencias
Astronómicas
y Geofísicas



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

las diferencias entre la determinación observacional (VLBI) del polo celeste y su posición establecida por las teorías convencionales de precesión y nutación vigentes al momento del cálculo. Los apartamientos de la rotación terrestre con respecto a un giro uniforme pueden estudiarse y monitorearse a partir de los 3 parámetros adicionales. Dos de ellos (xp e yp , conocidos como las componentes del *movimiento del polo*) no son otra cosa mas que las componentes ecuatoriales de la posición del eje instantáneo de rotación en el sistema de referencia terrestre. El parámetro restante refiere a la diferencia entre el valor real de la velocidad angular de rotación de la Tierra y un valor constante (convencionalmente establecido) que debería tener la Tierra si rotara a velocidad uniforme. Un cambio en la velocidad del giro terrestre provocará obviamente un cambio en la longitud del día y es por esto que el parámetro en cuestión suele denominarse como ΔLOD^{20} , o *variación a la longitud del día*. Su estimación se efectúa a partir de las diferencias entre dos escalas de tiempo: una escala no uniforme que contempla la velocidad real de rotación de la Tierra (TU1^{21}) y una escala de tiempo uniforme derivada del tiempo atómico internacional (TUC^{22}).

Dado que los EOP (Bizouard et al, 2019) caracterizan la rotación del marco de referencia terrestre con respecto a un marco de referencia celeste con origen en el geocentro, los aplicamos para transformar posiciones entre los marcos de referencia terrestre y celeste. Se presentan y desarrollan las transformaciones matriciales en términos del sistema de referencia celeste dinámico (modelo de precesión IAU1976 según Lieske et al., 1977 y de nutación IAU1980 según Seidelman, 1982) y del sistema de referencia celeste cinemático aplicando para ello la convenciones IAU2010 (IERS TN36, 2010) que involucran el uso del plano de referencia celeste intermediario (CIRS²³), los respectivos orígenes no rotantes (CIO²⁴, TIO²⁵) y el modelo de precesión y nutación IAU2000 (Capitaine et al., 2003, 2005).

Referencias

- Bizouard, C., Lambert, S., Gattano, C., Becker, O., Richard, J. Y. (2019). The IERS EOP 14C04 solution for Earth orientation parameters consistent with ITRF 2014. *Journal of Geodesy*, 93(5), 621-633. <https://doi.org/10.1007/s00190-018-1186-3>.
- Capitaine, N., Wallace, P. T., Chapront, J. (2003) Expressions for IAU 2000 precession quantities, *A&A*, 412, 567–586.
- Capitaine, N., Wallace, P. T., Chapront, J. (2005) Improvement of the IAU 2000 precession model, *A&A*, 432, 355–367.
- Charlot, P., Jacobs, C. S., Gordon, D., Lambert, S., de Witt, A., Böhm, J., ... Gaume, R. (2020) The third realization of the International Celestial Reference Frame by very long baseline interferometry. *Astronomy & Astrophysics*, 644, A159.
- IERS TN36 (2010) IERS Conventions 2010. G. Petit and B Luzum (eds.). ISSN: 1019-4568 (print version).
- Kaplan G. H. (2005) The IAU Resolutions on Astronomical Reference Systems, Time Scales, and Earth Rotation Models Explanation and Implementation. United States Naval Observatory circular N° 179. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0602086.pdf>.
- Kovalevsky, J. y Mueller, I. (1989) Introduction in Reference frames in Astronomy and Geophysics. J. Kovalevsky, I. Mueller y B. Kolaczek (eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lieske, J. H., Lederle, T., Fricke, W., Morando, B. (1977) Expressions for the precession quantities based upon the IAU 1976 system of astronomical constants. *Astronomy and Astrophysics*, 58, 1-16.

20 Length-Of-Day

21 Tiempo Universal 1

22 Tiempo Universal Coordinado

23 Celestial Intermediate Reference System

24 Celestial Intermediate Origin

25 Terrestrial Intermediate Origin



Facultad de Ciencias
Astronómicas
y Geofísicas



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

Seidelmann, P. K. (1982) 1980 IAU theory of nutation: The final report of the IAU working group on nutation. *Celestial mechanics*, 27(1), 79-106.



Facultad de Ciencias
**Astronómicas
y Geofísicas**



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie