



Hacia la automatización del análisis VLBI geodésico

M.E. Gomez^{1,3} & L.I. Fernández^{2,3}

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

² Laboratorio MAGGIA, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

Contacto / megomez@fcaglp.unlp.edu.ar

Resumen / Es sabido que la Interferometría de línea de base muy larga (VLBI, del inglés Very Long Baseline Interferometry) es la única técnica capaz de materializar el sistema de referencia celeste (ICRF, del inglés International Celestial Reference Frame). Por otro lado, junto con otras técnicas geodésicas contribuye a la materialización del Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRF, International Terrestrial Reference Frame) a través de las coordenadas de sus estaciones y, a la estimación de todos los parámetros de orientación terrestre (EOP, Earth Orientation Parameters) con la precisión necesaria para vincular ambos sistemas. Todo esto es posible gracias a la combinación de las soluciones provistas por los distintos centros de análisis. En este trabajo presentaremos el estado de avance de nuestra automatización del proceso de análisis VLBI para lo que hemos utilizado los datos de sesiones del Servicio Internacional de VLBI (IVS, International VLBI Service) destinadas a la estimación de los EOP.

Abstract / It is well known that Very Long Baseline Interferometry (VLBI) is the only technique capable of materializing the International Celestial Reference Frame (ICRF). On the other hand, together with other geodetic techniques, it contributes to the materialization of the International Terrestrial Reference Frame (ITRF) through the coordinates of its stations and, to the estimation of all Earth Orientation Parameters (EOP) with the necessary precision to link both systems. All this is possible thanks to the combination of solutions provided by different analysis centers. The purpose of this paper is to present our own progress on automating the VLBI analysis process, for which we have used the International VLBI Service (IVS) data to estimate the EOP.

Keywords / astrometry: reference systems — techniques: interferometric

1. Introducción

VLBI es utilizada en el ámbito de la geodesia y la astrometría tanto para la realización del marco de referencia celeste, como el terrestre y la estimación de parámetros de orientación terrestre (EOP). Esta técnica mayormente opera en la banda de frecuencias S/X y más recientemente en bandas entre los 2 a 14 GHz correspondiente a las nuevas antenas de tecnología VGOS (del Inglés VLBI Global Observing System, Petrachenko et al. (2012)). La actividad es coordinada por el Servicio Internacional de VLBI (IVS) compuesto tanto por las estaciones, el centro de operación, los centros de análisis, y los correladores, entre otros componentes.

Una vez publicados los datos por los centros de análisis definidos por el IVS, es posible llevar a cabo el análisis del dato VLBI en modo geodésico. A partir de él, y usando los retardos medidos disponibles en los archivos de cada sesión en formato vgosDB (Bolotin et al., 2016), se obtienen distintos productos como las coordenadas de las radiofuentes, coordenadas de las estaciones, los EOP o el retardo troposférico, entre otros.

Durante ese análisis entran en juego varios factores, como por ejemplo: el marco de referencia celeste y estructura de las radiofuentes, el medio interestelar y la atmósfera atravesada por la señal, y el marco de referencia terrestre y factores que afectan a los radiotelescopios, aparte de la electrónica, entre otros. A diferencia de las

aplicaciones astrofísicas de VLBI, el objetivo en este tipo de observaciones son radiofuentes de baja estructura y estables en el tiempo.

2. Organización de la observaciones

Las observaciones VLBI se agrupan en sesiones que pueden durar 1, 6 o 24 horas. En esta instancia vale la pena definir ciertos conceptos antes de continuar:

Observación: línea de base definida por dos estaciones observando una misma radiofuente

Scan: conjunto de dos o mas estaciones observando una radiofuente

Sesión: conjunto de varios scans, los que pueden involucrar en el conjunto, a varias radiofuentes

También existen campañas, como las llamadas CONT que se realizan cada tres años e involucran varias sesiones. La Tabla 1 presenta un resumen de las sesiones más conocidas, aparte de las mencionadas.

Hay que distinguir entre sesiones intensivas de una hora, destinadas a la estimación de UT1 y sesiones de “rápida respuesta” de 24 horas como las R1 o R4 cuyo fin es la estimación de EOP. Si nos enfocamos en el análisis de los datos, es inevitable una inspección “manual” de los resultados. Sin embargo, existen ciertos pasos que pueden resolverse de una manera automática o semiautomática. Por ejemplo, la descarga

Tabla 1: Sesiones definidas por el IVS. DB refiere a “data base” ya que los archivos entregados constituyen una base de datos.

Sesiones	Propósito	Duración [h]	Código DB
R1	EOP	24	XA
R4	EOP	24	XE
VG	VGOS	24	VG
AU	monitoreo red de Australia y Nueva Zelanda	24	XA
R & D		24	XA
CRD	ITRF	24	XN
CRF	ICRF	24	XN
T2	ITRF	24	XH
EUVG	VGOS Europa	6	VE
INT (1-3)	UT1	1	XK, XU,...
RV	coordenadas de muy alta precisión	24	XA

de los datos es uno de ellos, pero al mismo tiempo implica algunos problemas a resolver ya que el nombre que recibe la base de datos sigue el siguiente patrón:

$\underbrace{AA}_{\text{año}} \underbrace{MMM}_{\text{mes}} \underbrace{DD}_{\text{día}} \underbrace{CD}_{\text{DB}}.tgz$

Como se puede apreciar, por ejemplo, XE está destinado sólo para las R4 pero XA, al igual que XN, puede hacer referencia a distintos tipos de sesión, por lo que para una correcta descarga es necesario disponer del archivo MASTER el cual es planificado anualmente y contiene la lista completa de sesiones.

3. Software

Existen varios software de análisis desarrollados de manera independiente tal que eventuales soluciones combinadas robustecen la calidad de los resultados. De entre todos ellos, hemos elegido VieVS (Vienna VLBI Software, Böhm et al. (2018)), desarrollado completamente en Matlab y con un entorno gráfico, que no permite “a priori” modificar externamente ni la lista de procesamiento ni los parámetros una vez configurados.

En la siguiente imagen se muestra un esquema abreviado del funcionamiento de VieVS en el que se distinguen 3 módulos. Una vez configurado el software, las opciones posibles son: guardar las opciones de corrida o ejecutarlo. En este caso, sólo hemos guardado el archivo de configuración con el objetivo de que luego sea leído por el proceso de automatización.

4. Proceso de automatización del análisis

La automatización del análisis fue programada en Bash y Matlab, usando este último para todo aquello que implicara interactuar con VieVS. Este proceso podría pensarse de manera automática o semiautomática, dependiendo de la información que necesitemos. Si es la primera vez que se va a realizar un análisis con VieVS, será necesario indicarle el o los archivos necesarios en función de la fecha o de los años a procesar, es decir esta parte será en modo manual. Si en cambio el software ya ha analizado sesiones previas, bastará con que lea

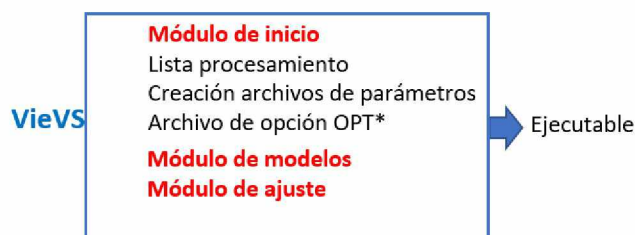


Figura 1: Esquema de funcionamiento de VieVS en término de los módulos que lo componen y los archivos de configuración. *Los OPT son archivos que pueden ser creados por el software, o de manera externa, y no son necesarios para el funcionamiento del mismo pero facilitan la resolución de ciertos problemas ocasionados por factores que el analista puede conocer a priori.

la fecha del ordenador y analice los últimos hasta la fecha. En ambos casos, se buscarán las sesiones a analizar en el archivo MASTER correspondiente y los restantes pasos del análisis automático serán comunes a ambos procedimientos.

En la Figura 2, la línea naranja separa ambos procesos. Una de las modificaciones introducidas desde la automatización es la lectura de los saltos de reloj desde los vgosDB. Cabe mencionar que la base de datos proviene de un análisis previo por lo que muchas veces ya tiene incorporada la información de los saltos de reloj pero VieVS no los incluye en su lectura, dejando la decisión al analista. Esta incorporación ahorra tiempo de análisis ya que no tenerla previamente en cuenta, impacta notablemente en el resultado.

Una vez finalizado el proceso que seguramente ha implicado el análisis de una o varias sesiones, le sigue una parte que actualmente funciona de manera semiautomática ya que consiste en un script Matlab que extrae las sesiones cuyas soluciones han reportado valores de $\chi^2 > 2$. Estas sesiones deben inspeccionarse manualmente para asegurarse que no existan mas cuestiones que puedan ser incluidas en el OPT, u otros efectos que requieran una intervención del analista.

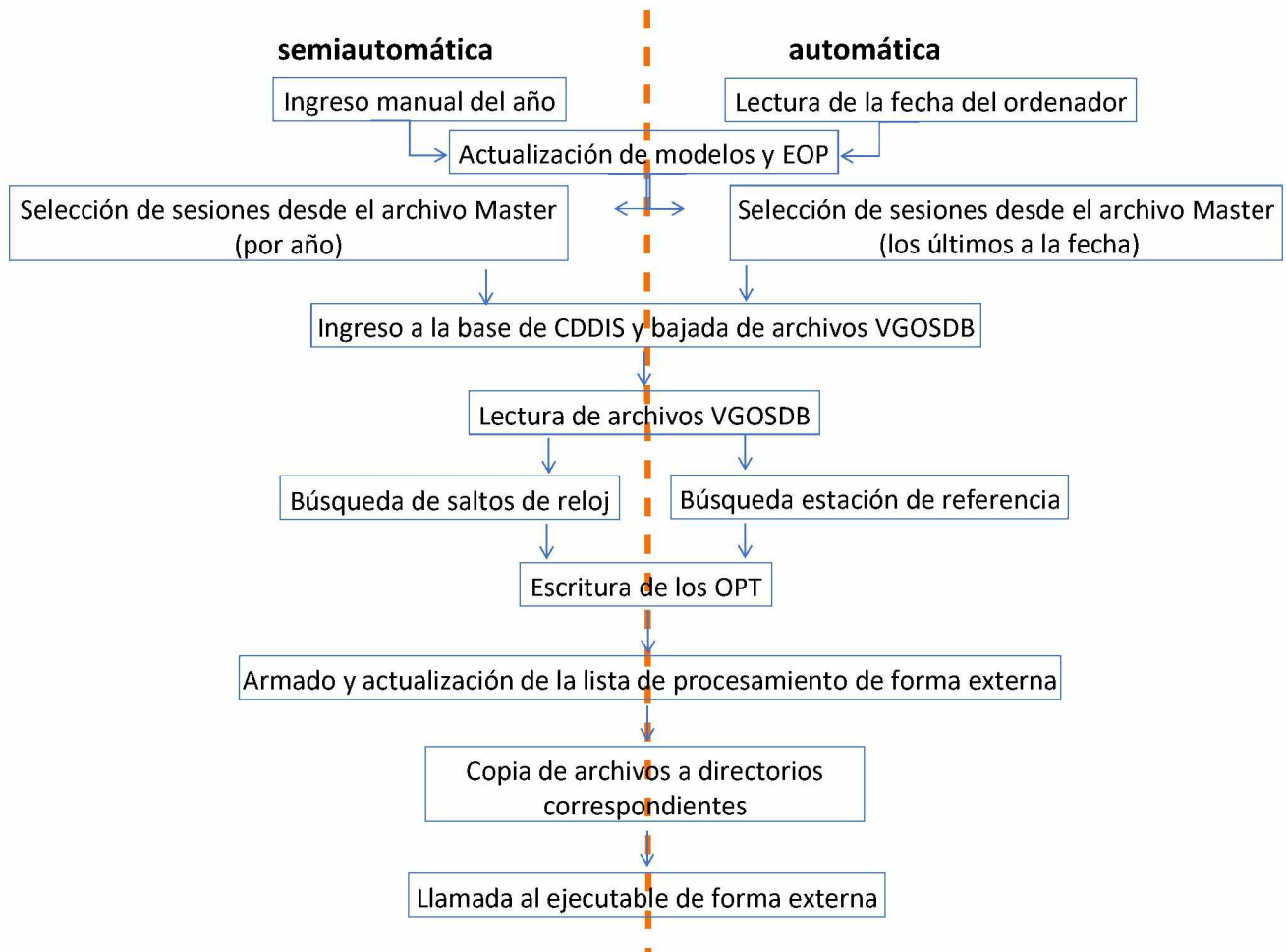


Figura 2: Esquema del proceso de automatización.

5. Perspectivas

En este caso, se ha trabajado con el análisis de las sesiones R1 y R4 que abarcan desde enero de 2021 a mayo de 2022 permitiendo ahorrar un tiempo apreciable a la hora de buscar sesiones y modelos en los distintos servidores, aparte de brindarnos al final de la corrida un resumen de la calidad de las sesiones que permite al analista concentrarse sólo en las problemáticas. El procedimiento propuesto es válido también para otro tipo de sesiones con sólo indicarlo a través del archivo master.

Mostramos aquí los avances de un trabajo en curso. Como próximo paso nos proponemos mejorar la generación del OPT ya que existen problemas como los de calibración de cable que afectan sensiblemente la solu-

ción y si bien es posible contar con esta información al inicio, aún requiere intervención manual. Por otra parte, es posible que la lectura del archivo MASTER requiera modificaciones, debidas a cambios futuros en la estructura de estos archivos.

Referencias

- Böhm J., et al., 2018, *PASP*, 130, 044503
- Bolotin S., et al., 2016, *IVS 2016 general meeting proceedings, "New Horizons with VGOS"*, NASA/CP-2016-219016, 222–224
- Petrachenko W., et al., 2012, 999–1005