
Calibración de receptores GNSS multicanal

Solís Betancur, Raúl Fernando

CENAMEP AIP

Ciudad de Panamá, Panamá

ORCID 0000-0003-1043-4294

Abstract

One of the elements of today's Key Public Infrastructure is the PNT (Positioning, Navigation and Timing). Therefore, in recent years the consumption of GPS signal receivers as time references has increased, but this equipment, like all electronic devices, are susceptible to changes of natural origin (aging) and external origin (manipulation, interference, storage, etc.). Due to this, National Metrology Institutes have begun to analyze the behavior of GPS receivers, including in short-term plans GLONASS, GALILEO and BEIDOU receivers, which are mostly used to make comparisons between local definitions of UTC and thus maintain Coordinated Universal Time. Also highly used at an industrial level as reliable sources of time.

Keywords: GPS, time, calibration, metrology, UTC.

Resumen

Uno de los elementos de la Infraestructura Pública Clave actual es el PNT (Posicionamiento, Navegación y Temporización). Por ello, en los últimos años se incrementó el consumo de receptores de señales GPS como referencias de tiempo, pero estos equipos, como todos los equipos electrónicos, son susceptibles a cambios de origen natural (envejecimiento) como de origen externo (manipulación, interferencia, almacenamiento, etc.). Debido a esto, los Institutos Nacionales de Metrología han comenzado a analizar el comportamiento de los receptores GPS, pero también incluyendo en planes a corto plazo a los receptores GLONASS, GALILEO y BEIDOU, los cuales son empleados en su mayoría para realizar las comparaciones entre definiciones locales del UTC y así mantener el Tiempo Universal Coordinado. También altamente empleados a nivel industrial como fuentes de tiempo confiables.

Palabras claves: GPS, tiempo, calibración, metrología, UTC.

1. INTRODUCCIÓN

El auge del consumo del Posicionamiento, la Navegación y la Temporización (PNT) como parte de la Infraestructura Pública Clave, incrementa la importancia de la verificación y calibración de los equipos receptores. Por ello los Institutos Nacionales de Metrología (INM) han realizado trabajos [1] para mejorar sus enlaces de comparación frente a los medios actuales y poder mejorar sus capacidades de transferencia de tiempo, algo que se ve normalmente afectado por el entorno, como se muestra en la Figura 1.

Desde el año 2016, el Laboratorio Primario de Tiempo y Frecuencia inició el trabajo de crear un método local para la verificación y calibración de sus receptores GPS [2], con el objetivo de aplicarlo a los demás receptores GNSS (GLONASS, GALILEO y BEIDOU), altamente empleados a nivel industrial como fuentes seguras de tiempo. El desarrollo de este trabajo se enfocó en la calibración del receptor multicanal y multifrecuencia PolaRx5TR, no solo como ejercicio piloto para la creación de un servicio de calibración bajo la norma ISO/IEC 17025:2017, sino también para mejorar las capacidades de medida y mantener redundancia del enlace [UTC-UTC(CNMP)] junto al receptor multifrecuencia y multicanal TTS5, receptor principal del laboratorio.



Figura 1. Degradación de la exactitud de una señal GPS.

2. MÉTODO

Con los principales desvíos identificados [3], el proceso inicia determinando los retrasos de cables y los internos del receptor PolaRx5TR, para después aplicar correcciones. Después, se comparan las señales de los satélites GPS contra el UTC(CNMP) a través de ambos receptores. Como el TTS5 ha sido calibrado en varias ocasiones desde el año 2016, se emplea como receptor de referencia (transferencia de calibración). El proceso de observación inicial entre receptores ocupa cerca de 12 meses, iniciando en el *Modified Julian Day* (MJD) 59427 equivalente a la fecha gregoriana 2021-08-01, para incluir desvíos de origen aleatorio causados por variaciones climáticas, geodésicas y relativistas.

La metodología desarrollada asume que la mayor desviación encontrada por cada

aporte se aplica en el presupuesto de incertidumbre para cualquier momento del año. Esto acorta el proceso de toma de datos a 15 días como método estandarizado para encontrar las desviaciones del receptor PolaRx5TR. Como se muestra en la Figura 2, se caracteriza desde el tiempo emitido por GPS hasta el tiempo generado por UTC(CNMP), permitiendo analizar y corregir desvíos en los receptores que participan en el proceso de calibración. Para cancelar los componentes sistemáticos de desvíos se emplean calibraciones de cables y equipos con la técnica de vista común mientras que, para analizar los efectos de origen aleatorio, se toman grandes cantidades de datos para incluir sus efectos en las dispersiones estimadas estadísticamente

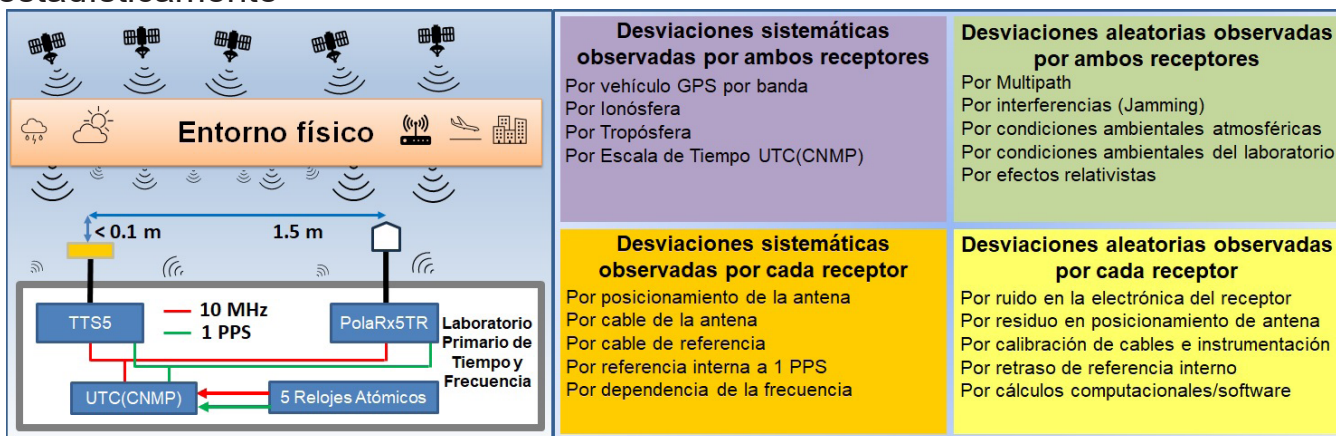


Figura 2. La caracterización de las fuentes de desvío.

Los archivos RINEX se convierten al formato CGGTTS usando el R2CGGTTS (creado por el Observatorio Real de Bélgica) y los resultados se procesan usando el TTSMon (creado en el laboratorio) para las bandas L1 y L2. Esto se realiza para el análisis y para el seguimiento al ajuste del receptor. En la figura 3-a), muestra el proceso de calibración de cables de referencia como de antenas. Mientras que la figura 3-b), muestra el proceso de comparación de las señales de GPS y UTC(CNMP) y su procesamiento a partir de los archivos RINEX hasta el ajuste el seguimiento realizado

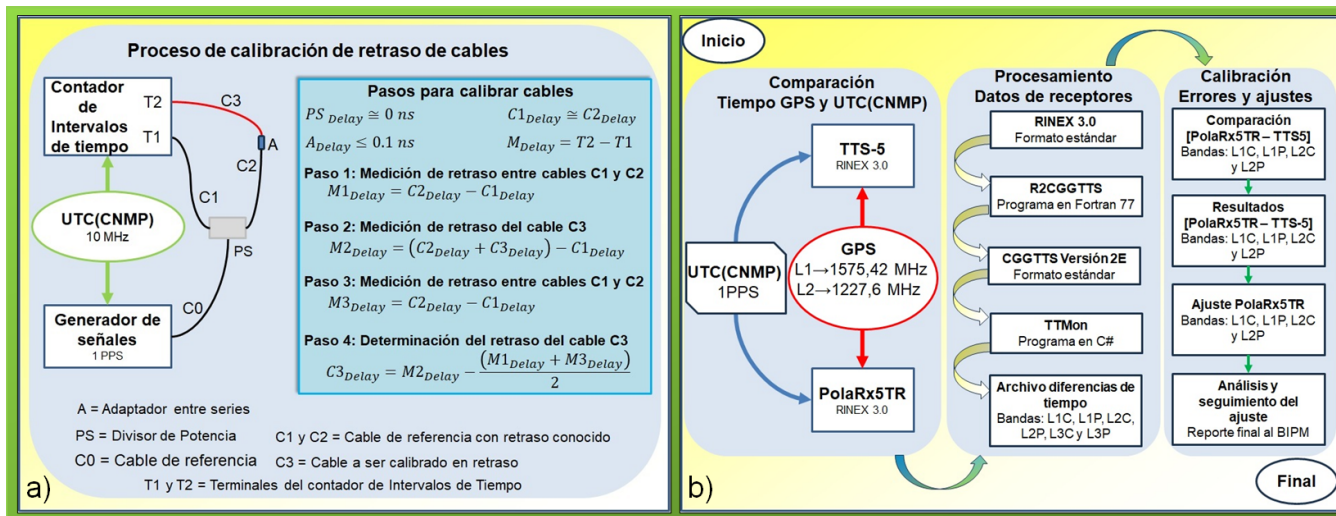


Figura 3. Proceso de calibración de cables y el receptor GPS.

3. RESULTADOS

Después de aplicar las correcciones al receptor PolaRx5TR en las bandas L1 y L2, se realizó un seguimiento a los resultados de las mediciones por un periodo de 6 meses, iniciando en MJD 59807 (2022-08-16), con la finalidad de asegurar que los resultados de las diferencias de tiempo en la banda L3P, empleada para el enlace de la comparación clave [UTC-UTC(CNMP)], cumplieran con los objetivos propuestos. En la Tabla 1, se muestra los resultados de calibración tanto para los cables como las bandas de las señales GPS que se emplean para realizar correcciones empleadas en las transferencias de tiempo. Mientras que el retraso interno se asume 0 ns por la opción de autoajuste (AutoCal) del fabricante. Mientras que en la Tabla 2, se muestra los resultados de los ajustes al receptor con respecto al receptor TTS5, en las mediciones realizadas en la banda L3P de GPS, la cual combina la banda L1P y L2P para corrección Ionosférica, la cual es empleada por el Departamento de Tiempo del BIPM para comparar relojes atómicos en todo el planeta.

Tabla 1. Valores de retraso obtenidos.

Tipo de corrección	Valor
Por el retraso del cable de referencia	-46,8 ns
Por el retraso del cable de la antena	-116,8 ns
Por el retraso de la banda L1 (aplica para C y para P)	-75,2 ns
Por el retraso de la banda L2 (aplica para C y para P)	-85,9 ns

Tabla 2. Los valores estadísticos muestran el estado antes y después del ajuste del receptor PolaRx5TR.

Resultados	Valor
Promedio antes del ajuste banda L3P	63,6 ns
Desviación estándar antes del ajuste banda L3P	6,4 ns
Promedio después del ajuste banda L3P	-0,1 ns
Desviación estándar después del ajuste banda L3P	1,1 ns
Deriva con respecto a medida del TTS5 banda L3P	-4,7 ps/día

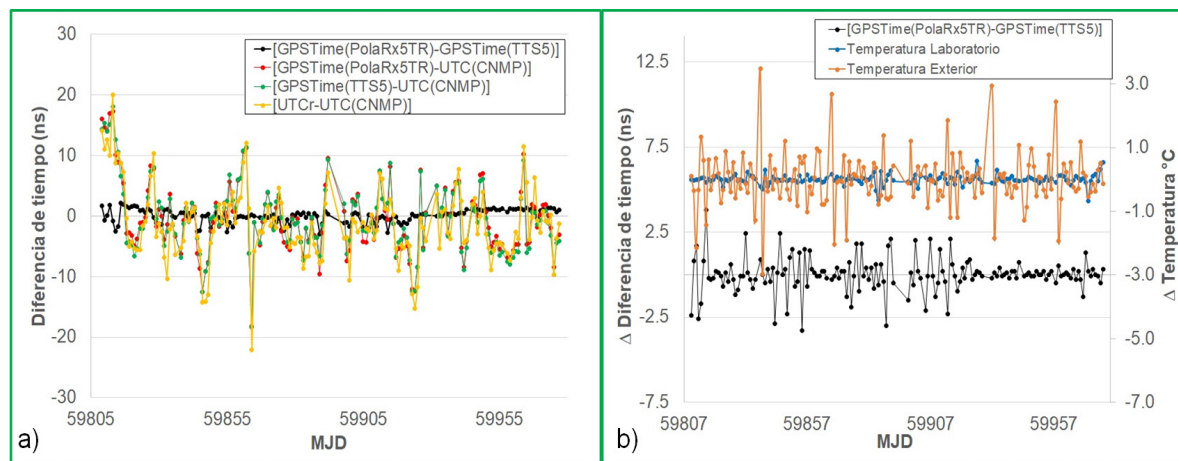


Figura 4. Resultados de las comparaciones después de los ajustes y su dependencia con respecto a las temperaturas.

En la Figura 4-a) muestra el resultado de la comparación de la banda L3P del PolaRx5TR y del TTS5 y el enlace [UTC-UTC(CNMP)] y la diferencia de tiempo entre ambos receptores. Mientras que en la Figura 4-b) se muestra el comportamiento del cambio de las diferencias de tiempo y del cambio de la variación de la temperatura del laboratorio y del exterior del edificio para las mismas fechas analizadas, empleando un promedio de un día

Empleando la Guía para la Estimación de la Incertidumbre, se pudo realizar el presupuesto de incertidumbre tanto para la calibración del receptor como la calibración de los cables. El resultado muestra que la incertidumbre combinada del proceso de calibración de receptores para una y dos frecuencias no supera el valor de 8,8 ns (siendo la incertidumbre de una frecuencia la de mayor aporte), mientras que la incertidumbre combinada para la calibración de los cables no supera el valor de 0,5 ns, con ambos resultados con un factor de cobertura del 95%, o $k = 2$.

4. CONCLUSIONES

Con este desarrollo se fortalece la redundancia del enlace de tiempo de la comparación del UTC con UTC(CNMP), y el aseguramiento de las Capacidades Medición y Calibración declaradas en la Base de Datos del BIPM. Además, se posibilita nuevas capacidades y servicios de calibración, verificación o caracterización de fuentes o sistemas de transferencia de tiempo que empleen receptores satelitales. Finalizando, el trabajo busca mantener al CENAMEP como una referencia metrológica regional en metrología de Tiempo y Frecuencia, como parte del esfuerzo para fortalecer a Panamá como el Hub de las Ciencias.

REFERENCIAS

- [1] J. M López-Romero, M. Lombardi, E. de Carlos-López, N. Diaz-Muñoz, C. A. Ortiz, R. de Carvalho, R. Solís, “Comparison of the multi-national SIM time scale to UTC and UTCr”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, doi: 10.1109/TIM.2019.2943991, Julio 2020.
- [2] R. Solis, “Traceability to UTC Using the SIM Time Network Bilateral Comparisons,” 2018 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2018), 2018, pp. 1-2, doi: 10.1109/CPEM.2018.8500913.
- [3] Yeh, Ta-Kang & Wang, C & Lee, C & Liou, Yuei-An. (2006). Construction and uncertainty evaluation of a calibration system for GPS receivers. Metrologia. 43. 451. 10.1088/0026-1394/43/5/017G.

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.