



El Radiotelescopio de Tulancingo: Sistema de Receptores

Jetzael Cuazon^{1*}, S. Kurtz¹, D. Ferrusca², D. Hiriart³, E. Colorado³, F. Díaz³, T. Calvario³, D. Gale², H. Serrano³.

¹ Instituto de Radioastronomía y Astrofísica UNAM, ² Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, ³ Instituto de Astronomía (Ensenada) UNAM.



El Radiotelescopio de Tulancingo

El *Radiotelescopio de Tulancingo* (RTT, o TRT por sus siglas en inglés) es un proyecto científico que busca establecer el **primer radiotelescopio de plato único para radioastronomía de ondas centimétricas en México**. Este proyecto consiste en la conversión de una antena parabólica orientable de 32 m de diámetro (ver Fig. 1), originalmente utilizada para enlaces de microondas en telecomunicaciones satelitales, en un radiotelescopio **para operaciones en las bandas L (1.4-1.8 GHz), C (4-8.5 GHz), y potencialmente la banda K (20.5-24.5 GHz)** (Kurtz et al. 2022, Gale et al. 2026). En esta contribución **presentamos un breve panorama sobre el sistema de receptores del RTT**, con el cual se atenderán los casos de ciencia temprana y que permitirán al instrumento integrarse dentro de los radiotelescopios de clase mundial.



Fig. 1: TUL-1 es una antena orientable de 32 m de diámetro que se encuentra en conversión a radiotelescopio.

Hasta ahora, el proyecto cuenta con **tres receptores de radiofrecuencia en disposición de instalarse**. En la Tabla 1 se presentan estos receptores y algunas de las características principales estimadas para el RTT en sus bandas de observación. Cabe mencionar que en este trabajo nos enfocamos en la descripción de los receptores de banda L y C. Si bien se cuenta con el receptor a banda K, se ha decidido darle atención futura ya que el tamaño de las **irregularidades de superficie de ~1.2 mm (RMS)** reportadas por Velázquez et al. (2022) sugieren una baja eficiencia de apertura en esta banda.

Tabla 1: Receptores del RTT y algunas características observacionales estimadas.

Banda	Pasabanda (GHz)	Receptor criogénico	Diseño	Haz principal estimado*	Eficiencia de superficie estimada**
L	1.4 – 1.8	X	IRyA	24'	90%
C	4.0 – 8.5	✓	U. Oxford	6'	85%
K	20.5 – 24.5	X	HartRAO	1.6'	20%

*Valores por ser medidos. || **Valores estimados por Ec. de Ruze

Descripción del Sistema de Receptores

El sistema de receptores del RTT operará sucesivamente en cada banda de frecuencia aprovechando el **procesamiento digital de la RFSoc 4x2**, una plataforma basada en una FPGA de alto rendimiento. Como se muestra en la Fig. 2., habrá un alimentador por cada banda operativa conectado al sistema óptico del reflector primario, dirigiendo la radiación hacia los Frontends. En esta etapa se realizarán amplificación y filtrado en la banda L, y heterodinaje en la banda C. Las **5 Gbps en la conversión analógica a digital** de la RFSoc 4x2 permitirán adquisición directa en banda L y de pasabanda en la banda C. El **Backend** será programado con el **ecosistema CASPER** y permitirá **modos de observación en el continuo (hasta 2 GHz de ancho de banda) y líneas espectrales de alta resolución (≤ 1 kHz) en múltiples ventanas espectrales**. La observación y operación del telescopio se gestionará desde el servidor principal en la cabina de control del RTT, cuyo software prototipo está en desarrollo por los colaboradores del IA-ENS.

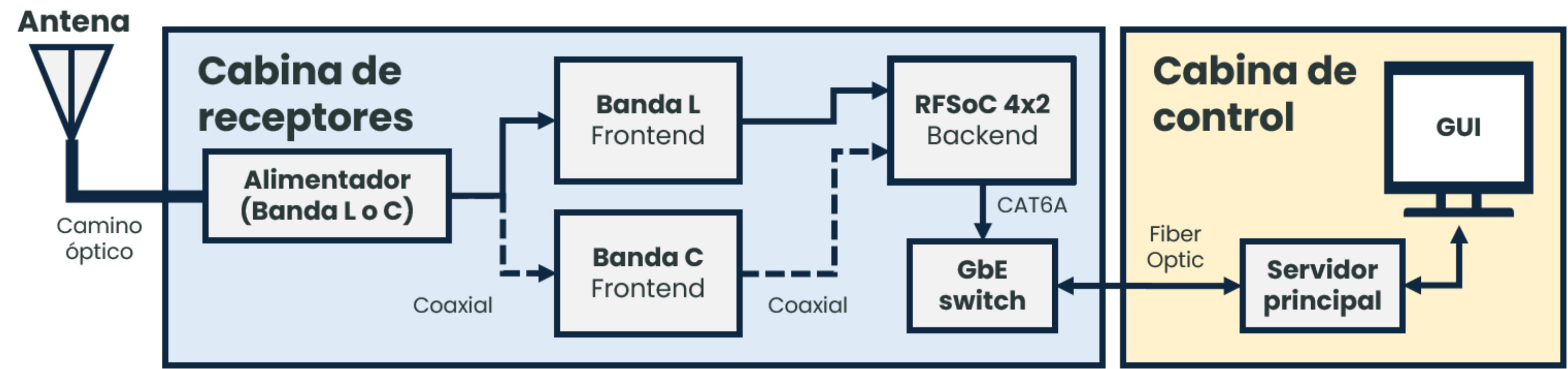


Fig. 2: Diseño conceptual y preliminar del sistema de receptores del RTT.

El receptor de banda C es el más sofisticado del RTT al ser criogénico. Diseñado por la Universidad de Oxford, es una réplica del receptor de la antena Goonhilly 3 del Reino Unido (Pollak, 2018). Este sistema (ver Fig. 3) requiere monitoreo y control en tiempo real de sus subsistemas para optimizar su eficiencia operativa y alcanzar hasta **10 K en la etapa más fría** (OMT y LNA) y **alto vacío (~ 10⁻⁵ mbar)** en el criostato..

– METAS –

- Proporcionar un instrumento de capacidades profesionales accesible a la comunidad científica de México y Latinoamérica.
- Impulsar la investigación científica, enseñanza, y el desarrollo tecnológico en radioastronomía.

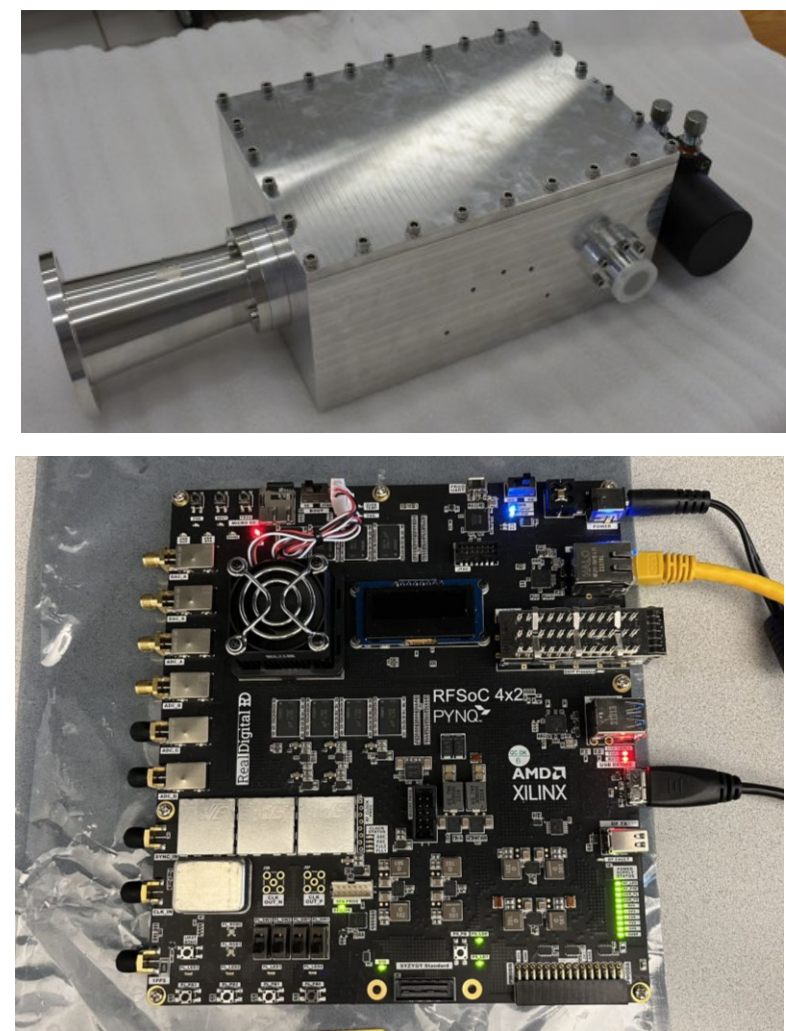
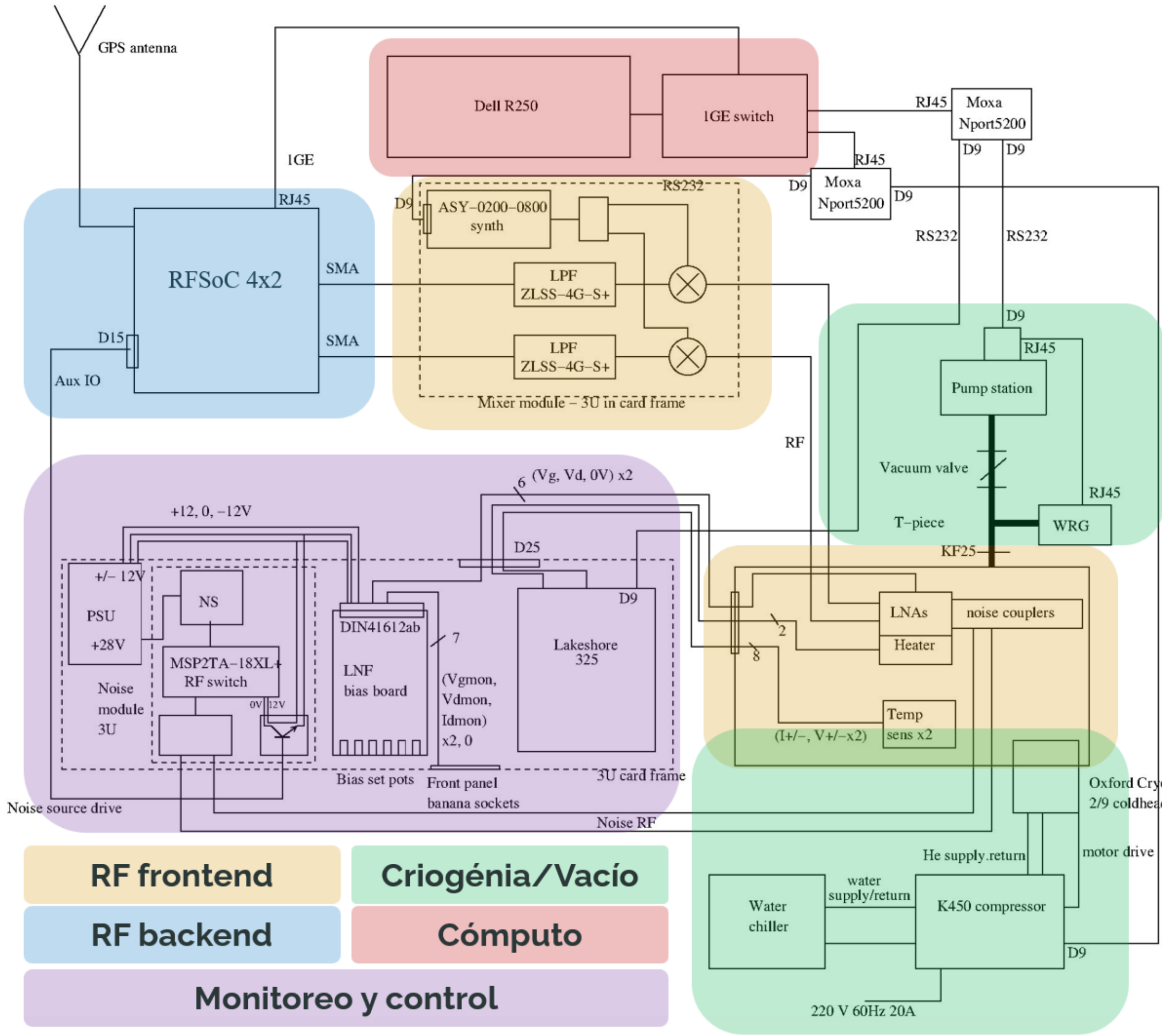


Fig. 3: Esquema del sistema criogénico del receptor de banda C. Fotos del receptor en el lado superior derecho y la RFSoc 4x2 en el lado inferior derecho. Actualmente espera pruebas de laboratorio previas a su instalación en la primera mitad del 2027.

Pruebas Preliminares en Banda L

Se ha demostrado la funcionalidad del RTT aún con el equipamiento mínimo. Se reportó **la primera luz en banda L** por Kurtz et al. (2022), observando la remanente de supernova **Cassiopeia A** mediante una observación de barrido (ver Fig. 4). Además, se han detectado otras fuentes del continuo en banda L, como las mostradas en la Fig. 5., principalmente para las **pruebas de apuntamiento de la antena**. En estas pruebas se demostró que **el RTT puede alcanzar una precisión de apuntado de ~0.1'** en la banda L.

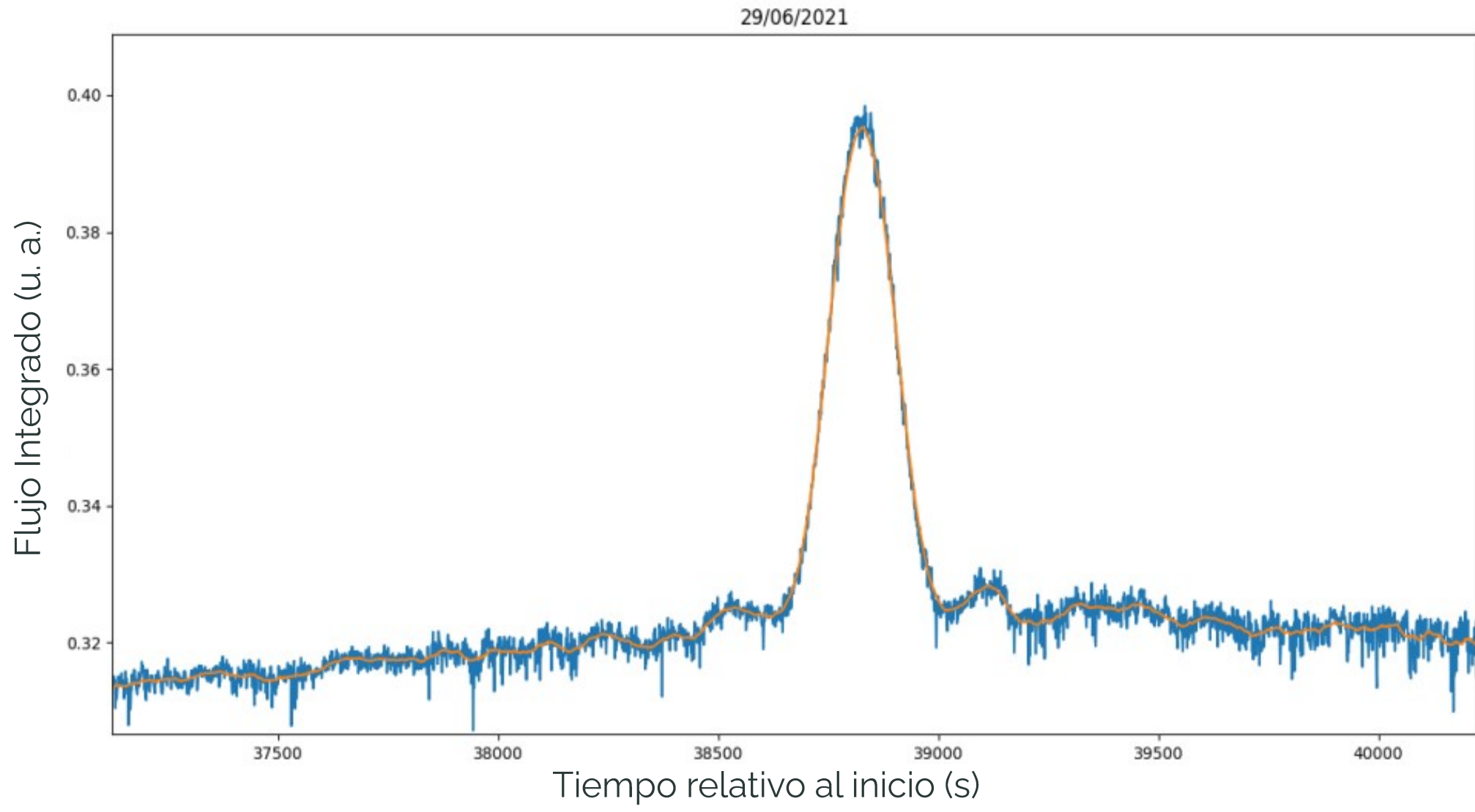


Fig. 4: Detección de Cas A en una observación de barrido con el RTT en 2021. Gráfica de Kurtz et. al. (2022).

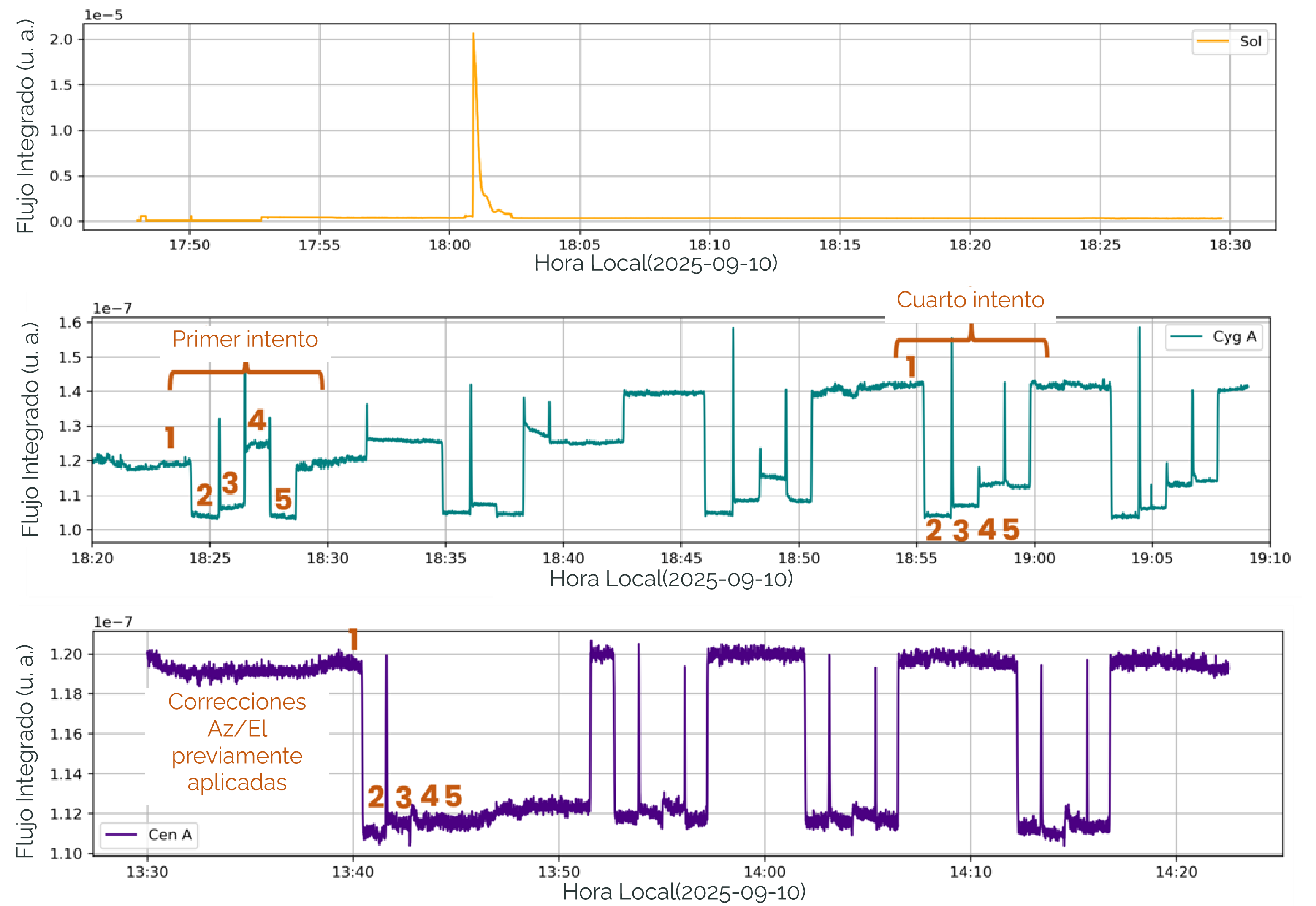


Fig. 5: Detecciones del continuo del Sol, Cyg A, y Cen A hechas para las pruebas de apuntamiento del RTT en banda L.

Como parte de la puesta en marcha del RTT, las pruebas de apuntamiento en banda C se realizarán tras instalar su receptor. **En los próximos meses, el equipo iniciará las pruebas de laboratorio del sistema de banda C y la integración modular del sistema de banda L**. A inicios de 2027 se instalarán y calibrarán ambos sistemas, permitiendo **iniciar la campaña de ciencia temprana del RTT a finales de 2027**.

Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud a la Coordinación de la Investigación Científica y a la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la UNAM (PAPIIT /I701326) por otorgar el financiamiento que hace posible este proyecto.

Referencias

- Kurtz et al. (2022): <https://doi.org/10.1117/12.2630417>
- Gale et al. (2026): <https://doi.org/10.1117/12.3100836>
- Velázquez et al. (2022): <https://doi.org/10.1117/12.2630460>
- CASPER Site: <https://casper-astro.github.io/>
- Pollak (2018): <https://doi.org/10.5287/ora-pyvwdpdro>