

Desarrollo de un demostrador tecnológico para un receptor radioastronómico

S. Ruppel¹, A. Venere¹, J. Cogo¹, J. Areta^{1,2}, N. Maffione^{1,2}, M. Orellana^{1,2}, A. Granada^{1,2}, G.M.Gancio³

1 Universidad Nacional de Río Negro. Sede Andina, Argentina
 2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
 3 Instituto Argentino de Radioastronomía, CONICET-CICPBA-UNLP, Argentina

MARCO DEL PROYECTO Y OBJETIVOS

Compartimos el avance en las tareas para montar un radiotelescopio amateur centrado en la observación de la línea de 21 cm del hidrógeno neutro, retomando el proyecto inicialmente reportado en López-Cabrera et al. (2020), donde los autores desarrollaron un backend con equipos COTS (Comercial Off the Shelf).

Los objetivos que se plantearon para esta etapa fueron:

- Fabricación y montaje de la antena.
- Integración de la cadena completa: LNA(s), Filtro, Antena y SDR.
- Desarrollo del software en GNU Radio para validar el espectrómetro.
- Validación de software alternativo contra la cadena completa de RF.

COMPONENTES COMERCIALES UTILIZADOS

Para el front end de RF se utilizaron componentes de MiniCircuits:

- Amplificador de bajo ruido LNA: ZX60-1614LN-S
- Filtro pasa banda: VBF-1445+
- Cables semirrígidos
- Conectores macho-macho SMA



Fig1: Filtro y LNA

Se contaba originalmente con un Alimentador comercial (VE4MA Feed) que requería una antena parabólica de grandes dimensiones, no disponible en estos momentos. Se optó por realizar pruebas en una antena de menor porte.

Por un lado se diseñó una antena patch realizada en FR4 a utilizar con una parabólica de menor diámetro y se evaluó además un alimentador del tipo Cardboard (ver Fig 3) siguiendo las guías del proyecto Digital Signal Processing in Radio Astronomy (DSPira) de la universidad de WestVirginia.



Para la etapa de adquisición se usó una SDR de ADALM también adquirida para el proyecto anterior. La ADALM Pluto tiene propósitos educativos pero con un buen desempeño para la tarea, acompañada de una Raspberry Pi modelo 3b+ corriendo GNURadio sobre Linux.

Fig 2: SDR de Pluto

El Espectrómetro utilizado se realizó en varias etapas, validando primero la SDR como un receptor de FM, luego implementando un espectrómetro básico y por último complejizando al incluir un filtro polifásico para mejorar sus características. Se incluye la opción de volcar a un archivo las mediciones realizadas para poder ser analizadas posteriormente.

METODOLOGÍA

El ensamble de la cadena de RF parte de consideraciones generales para estos sistemas, teniendo como particularidad el alimentador de la antena elegida y la parabólica construida de cartón aluminizado, con un diámetro de 62 cm y una profundidad de 0,14 cm.

Los parámetros de la parabólica resultan:

- Distancia focal: 0.17m
- Área de apertura efectiva: 0.18m²
- Ganancia estimada: 17 db (*)



Fig 3a. (Arriba) Parabólica en construcción

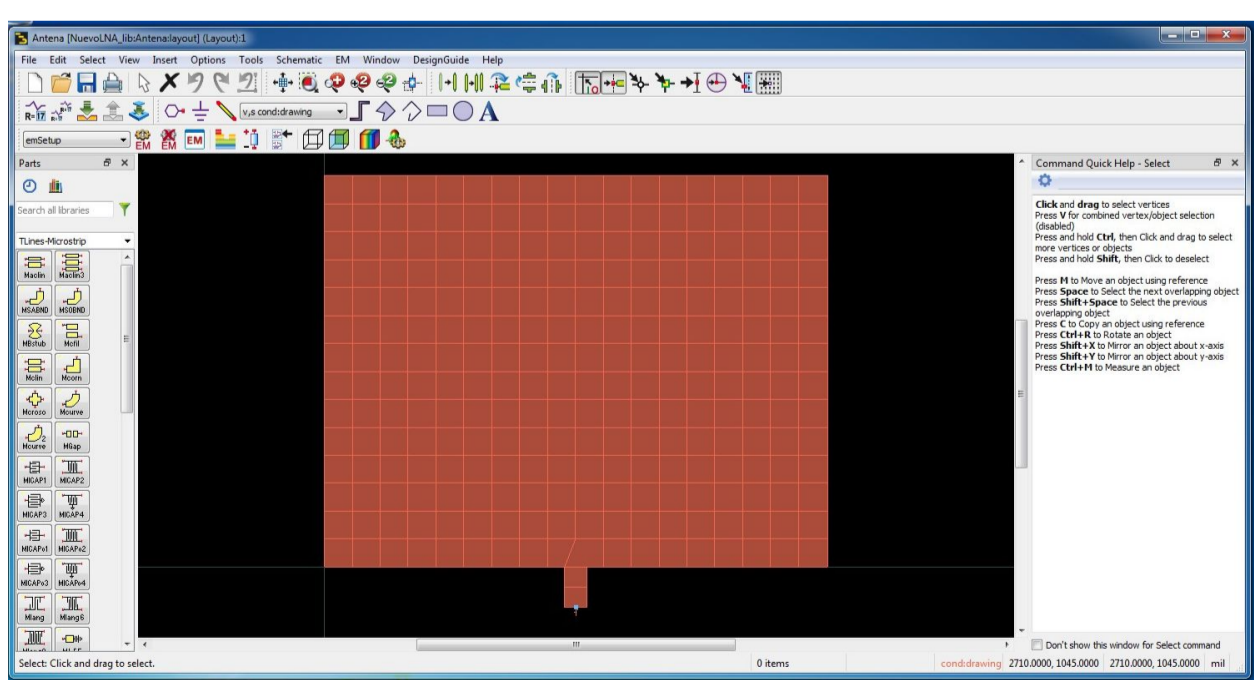


Fig 3b. (Izquierda) Diseño de la antena patch en ADS 2021

La antena patch fue diseñada y simulada usando ADS 2021 de Keysight. Se simuló utilizando las herramientas de momento electromagnético y se estimó su respuesta en frecuencia y ganancia.

Se incluyó la opción de volcar a un archivo las mediciones realizadas para su posterior análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- Lopez Cabrera et al.(2020) Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía, 61B, 225
<http://www.antenna-theory.com/antennas/patches/antenna.php>
 Patch Antenna for 1420MHz Radio Telescope, Yan Zhang, 2007
<https://www.rail.org/dspira/>
 (*) <https://www.rfwireless-world.com/calculators/parabolic-dish-antenna-calculator.html>

Discrete Frequencies vs. Fitted (AFS or Linear)

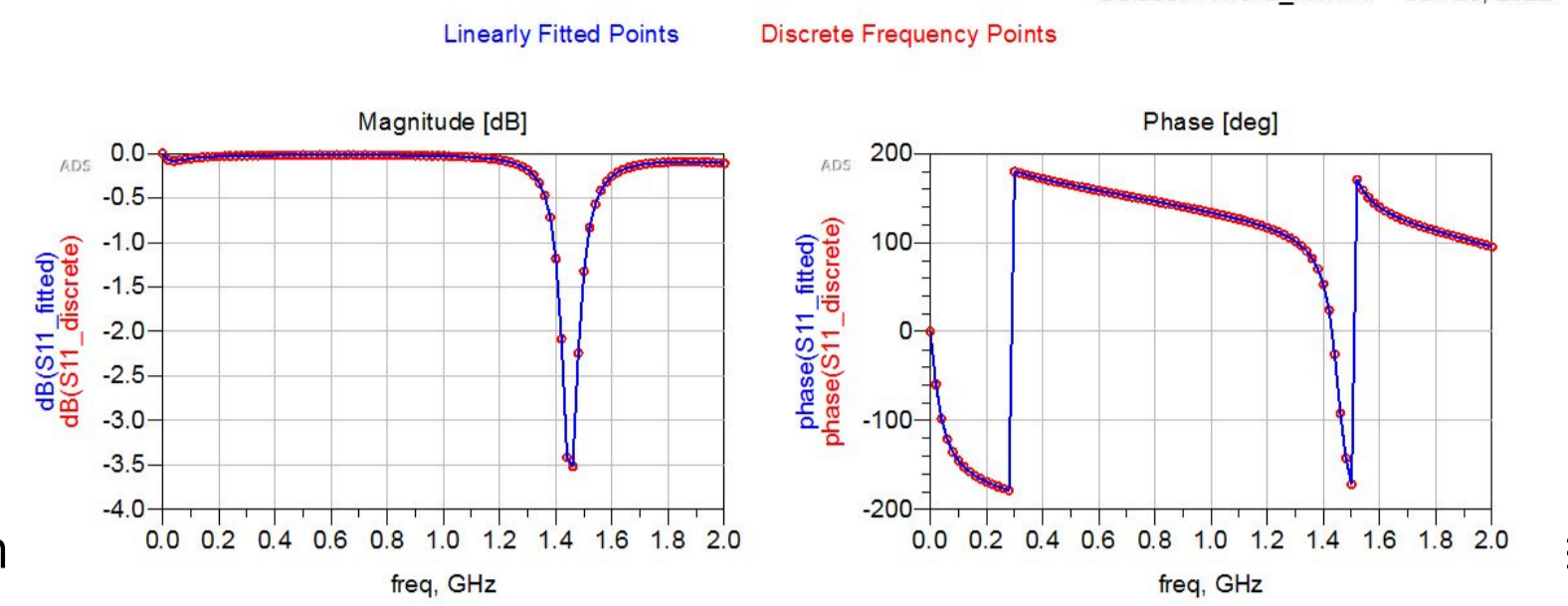


Fig 4. Respuesta en frecuencia de la antena Patch

Finalmente se ensambló dejando en medio el filtro pasabanda utilizando conexiones cortas para disminuir lo más posible la figura de ruido.

Se eligió GNURadio Companion para el desarrollo del espectrómetro.

Se partió de las guías del proyecto DSPira, partiendo del sistema más simple posible y luego se fue complejizando. El modelo de espectrómetro inicial fue el detallado en la Fig 5.

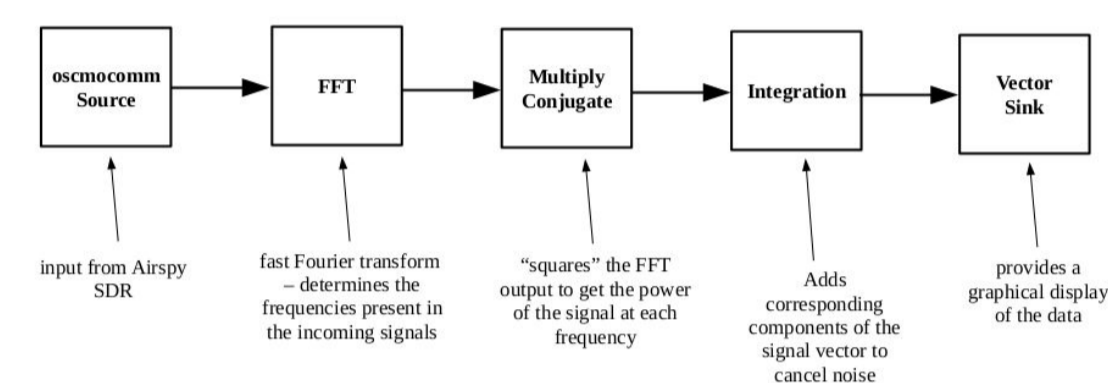


Fig 5. Cadena inicial del espectrómetro

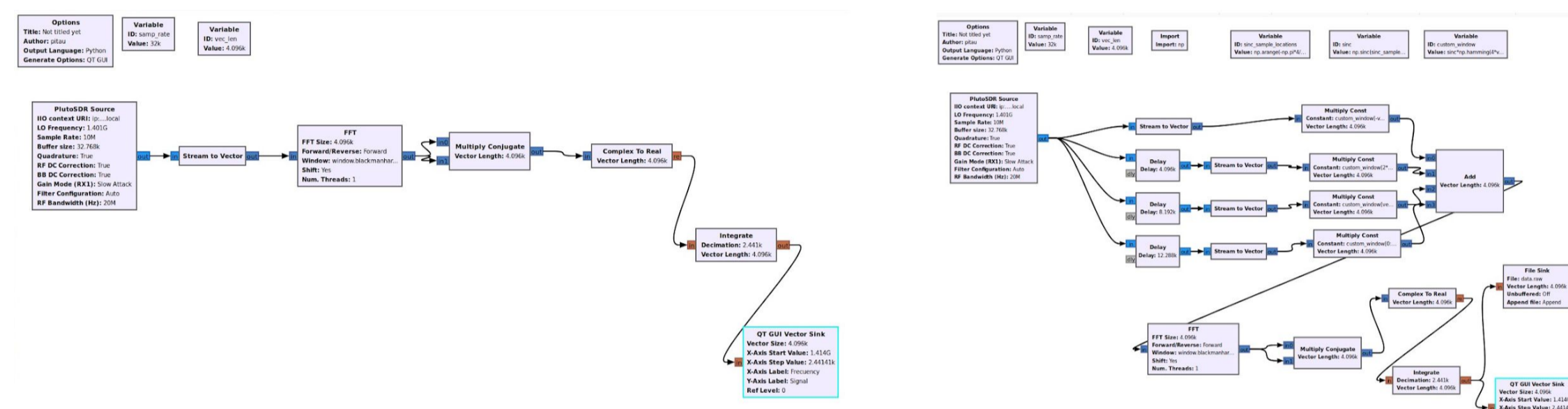


Fig 6 Izquierda: Espectrómetro simple Derecha: Espectrómetro con filtro polifásico

Eventualmente se optó por utilizar el espectrómetro propuesto por la WVU, esta decisión se tomó porque el sistema que ellos ofrecen ya incluye las herramientas necesarias para realizar la calibración del sistema, la observación en sí misma y la capacidad de guardar las mediciones para posterior análisis, cumpliendo los requisitos planteados.

RESULTADOS

Se muestran las observaciones relevantes al probar el sistema. La observación se realizó apuntando en dirección aproximada a la estrella Antares (b=15°).

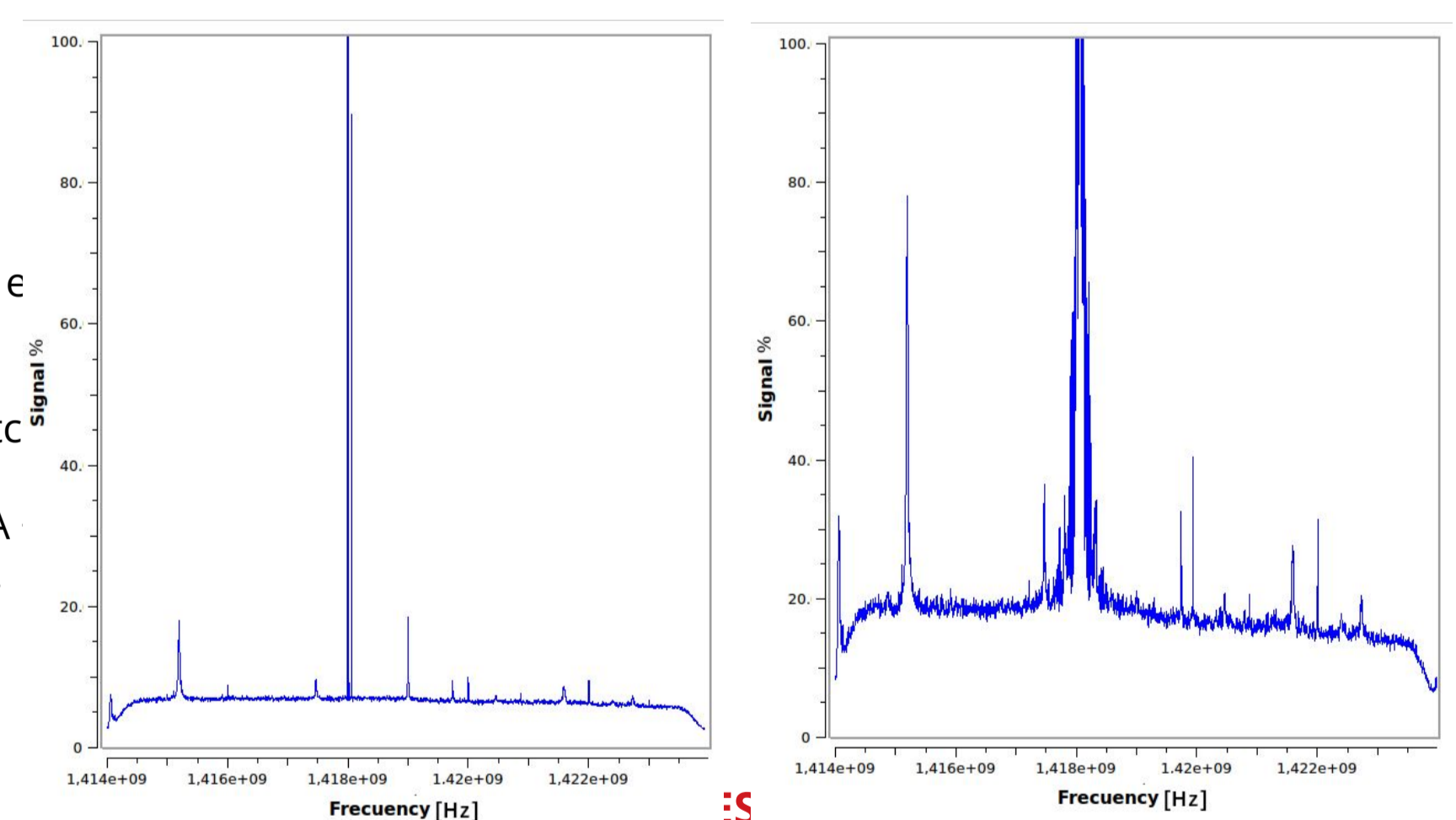


Fig 7: Observaciones centradas en 1420MHz, en el primer caso solo con la antena Patch y en el segundo utilizando un LNA Filtro pasabanda.

La metodología empleada permitió aprender sobre la construcción de una unidad básica, así como la escritura del software recomendado y las opciones que permiten utilizar una cadena tan simple como la propuesta para realizar eficientemente mediciones. Se concluye además que es necesario mejorar la antena, utilizando un disco de mayor diámetro con lo que además sería posible usar otro feed disponible de mejor calidad. Como se mencionó al principio se planteaba utilizar una Raspberry pi 3B+ para controlar el espectrómetro, no obstante al carecer de potencia para correr el espectrómetro como corresponde y para otros objetivos particulares que suceden a este proyecto (la potencial observación de púlsares y FRB), la Raspberry pi fue dejada de lado para pasar a utilizar una PC conectada directamente al SDR.

Agradecemos financiamiento parcial del PI 40B885 de la UNRN.

CONTACTO:
ruppel33@gmail.com
 (UNRN)