





H. Dispositivos y Elementos utilizados en el proyecto

La información técnica presentada en las siguientes tablas fue recopilada a partir de las fichas técnicas, documentación de los fabricantes y distribuidores citados. En particular, la Tabla 1 utiliza como fuentes la documentación del NI USRP (ERM Automatismes / National Instruments (NI), 2026) y la página técnica del HackRF One (Great Scott Gadgets, 2026). La Tabla se elaboró con base en las especificaciones oficiales proporcionadas por (Rohde & Schwarz, 2026) para el Generador de señales y (Rohde & Schwarz, 2026) para el analizador de espectros. Finalmente, la Tabla se construyó a partir de fichas y descripciones de producto: LMR-400 (Times Microwave Systems, 2022), R&S ZV-Z191 (Electrorent / Rohde & Schwarz, 2026), VAT-30 (Mini-Circuits / Mouser Electronics, 2026) y la antena omnidireccional VHF/UHF (Komunika Power, 2026).

Dispositivos		
Característica	USRP-2920	HackRF One
Tipo de dispositivo	Transceptor SDR (full-duplex, según configuración de UHD)	Transceptor SDR half-duplex
Rango de frecuencia RF	50 MHz – 2,2 GHz	1 MHz – 6 GHz
Ancho de banda instantáneo (RF)	20 MHz	Hasta 20 MS/s de muestreo

Interfaz al PC	Ethernet 1 Gb/s	USB 2.0
Maximum I/Q sample rate	25 MS/s (16-bit sample width)	Hasta 20 MS/s con 8-bit I/Q
Resolución	16 bits (I/Q)	8 bits (I/Q)

Tabla 1. dispositivos SDR

Dispositivos		
Característica	R&S® SMB100A – Generador de Señales	R&S® FPC1000 – Analizador de Espectros
Tipo de equipo	Generador de señales RF y microondas	Analizador de espectros
Descripción básica	Equipo diseñado para la generación de señales RF continuas y moduladas con alta pureza espectral, utilizado como fuente de señal en pruebas, calibración y caracterización de sistemas de comunicaciones.	Instrumento utilizado para medir y visualizar el contenido espectral de señales RF, permitiendo analizar amplitud en función de la frecuencia y detectar interferencias o distorsiones.




Rango de frecuencia	Desde kHz hasta varios GHz, ampliable hasta aproximadamente 40 GHz según la configuración del equipo.	Rango base desde 5 kHz hasta 1 GHz, ampliable mediante licencias hasta 2 GHz o 3 GHz.
Función principal en el laboratorio	Generar señales de prueba controladas para evaluar el comportamiento de sistemas de transmisión y recepción.	Analizar el espectro de las señales generadas o recibidas para verificar su calidad y características en frecuencia.
Aplicaciones	Utilizado como fuente de señal RF para la generación controlada de señales empleadas en los experimentos del sistema de comunicaciones.	Utilizado para la medición y verificación del espectro de las señales, evaluando parámetros como ancho de banda, potencia e interferencias.

Tabla 2. Generador y analizador de espectro Rohde & Schwarz

Nombre	Descripción
USRP-2920	Transceptor SDR full-duplex con rango 50 MHz – 2.2 GHz y conexión Ethernet 1 Gb/s; utilizado como dispositivo principal para transmisión/recepción I/Q con muestreo hasta 25 MS/s con 16-bit.
HackRF One	Transceptor SDR half-duplex con amplio rango 1 MHz – 6 GHz y capacidad de muestreo hasta 20 MS/s con 8-bit.

Generador de señales R&S® SMB100A	Generador RF/microondas de alta pureza espectral, configurable hasta decenas de GHz; usado como fuente de señales de prueba controladas para ensayos y calibración.
Analizador espectros R&S® FPC1000	Medición y visualización del contenido espectral rango base 5 kHz – 1 GHz, sirve para verificar ancho de banda, potencia y detectar interferencias.

Tabla 3. Descripción de instrumentos utilizados.

Elemento		Referencia modelo	Especificaciones clave
Cable coaxial de baja pérdida LMR400 (C4)		LMR400	Longitud: 24.38 m Atenuación total medida: 26.70 dB
Cable coaxial de baja pérdida		R&S ZV-Z191	Rango de frecuencia: hasta 18 GHz Impedancia característica: 50 Ω
Atenuador fijo RF		VAT-30	Atenuación fija: 30 Db Impedancia: 50 Ω Uso típico: aplicaciones RF


Antena omnidireccional (TX/RX)		Antena omnidireccional pequeña	Rango operativo: 400 MHz – 1 GHz Impedancia: 50 Ω
--------------------------------------	---	--------------------------------------	--

Tabla 4. Elementos de interconexión y accesorios

Nombre	Descripción
Cable coaxial LMR-400	Cable coaxial de baja pérdida utilizado para interconexión RF; longitud empleada: 24.38 m, con atenuación total medida: 26.70 dB (Parra & Juan, 2025).
Cable coaxial R&S ZV-Z191	Cable de precisión 50 Ω para medidas RF con capacidad hasta ~18 GHz; usado en conexiones que requieren baja pérdida y alta estabilidad de fase/amplitud.
Atenuador RF VAT-30 dB	Atenuador fijo 30 dB, 50 Ω , diseñado para atenuar señales de forma estable y proteger/reducir niveles en mediciones y pruebas RF.
Antena omnidireccional	Antena omnidireccional de VHF/UHF con conector SMA hembra; rango aproximado 400 MHz – 1 GHz, usada para transmisión/recepción en TVWS.

Tabla 5. Descripción de elementos de interconexión y accesorios