



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ADAPTACIÓN DE RECEPTOR SDR ESPECÍFICO A SOFTWARE LIBRE DE EW

DAC Mercedes Gamboa Martínez

Director académico: D. Juan Pablo Hierro Álvarez

Director militar: Cap. D. José Manuel Obispo Díaz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023



Agradecimientos

En primer lugar, a todos los componentes de la Compañía de Telecomunicaciones del Batallón I del Regimiento de Guerra Electrónica número 31, por proporcionar los recursos necesarios y el ambiente propicio para llevar a cabo este Proyecto. En especial a la Teniente Lucía Ordoñez Vinuesa, a los sargentos Iván Barquilla Pérez y José Martín-Albo Gámez y al personal de tropa de la sección SIGILO, sin cuya ayuda y dedicación, la realización de este trabajo no habría sido posible y con los que espero tener la oportunidad de volver a trabajar en un futuro.

Agradecer a mi tutor académico, Juan Pablo Hierro Álvarez y a mi tutor militar el Capitán José Manuel Obispo Díaz, por su apoyo y su asesoramiento, sin sus consejos y su orientación el desarrollo del trabajo no habría sido posible.

Finalmente, agradecer a mi familia por su inquebrantable apoyo y comprensión durante todo el proceso. Siempre serán mi pilar fundamental para superar los desafíos y alcanzar mis objetivos.

A todos vosotros, gracias.





RESUMEN

Para obtener el dominio del EEM (espectro electromagnético) en el campo de batalla, es necesario conocer e implementar las medidas de apoyo electrónico dentro de la denominada EW (Electronic Warfare), que son la búsqueda, interceptación e identificación de señales. Para ello, se cuenta con receptores definidos por software (SDR) los cuales son capaces de realizar estas medidas con un ordenador, un periférico específico y con el software adecuado.

Los software libres, también llamados software de código abierto, son programas informáticos cuyo código fuente está disponible para el público. Las ventajas de los software libres, como la personalización y su flexibilidad, hacen que sea una herramienta perfecta para combinar con los receptores SDR en su uso para Guerra Electrónica.

Por lo tanto, se propone el título del presente trabajo “La adaptación de un receptor SDR específico a software libre de Guerra Electrónica” desde la sección SIGILO de la Compañía de Telecomunicaciones del Batallón I del Regimiento de Guerra Electrónica número 31. Con el objetivo de obtener un estudio y una propuesta para poder hacer uso de todos los receptores SDR en dotación bajo software libre.

Para ello se realizan entrevistas al personal de la Unidad con más experiencia en la realización de las actividades de medidas de apoyo de Guerra Electrónica, con la finalidad de conocer y obtener las necesidades operativas, así como las diferentes aplicaciones software a ser estudiadas y probadas durante el desarrollo del trabajo.

Una vez realizadas estas entrevistas, se establecen varios conjuntos de aplicaciones que permitirían conseguir de forma satisfactoria dicha adaptación, cumpliendo con las necesidades obtenidas. Además, se realizan diferentes pruebas con ellas tanto en el propio gabinete del Regimiento como en el campo de maniobras.

De esta manera, se aumenta la adaptación y flexibilidad de la Unidad, y en consecuencia se aumenta la operatividad del Ejército de Tierra en relación a la Guerra Electrónica.

Palabras clave

Guerra electrónica, Radio Definida por Software (SDR), software libre, demodulación y decodificación.



ABSTRACT

To obtain the dominance of the EEM (electromagnetic spectrum) on the battlefield, it is necessary to know and implement the Electronic Support Measures within EW (Electronic Warfare). These include the search, interception and identification of signals. To do this, there are Software Defined Radios (SDR) which are capable of carrying these out with a computer, a specific peripheral and the appropriate software.

Free software, also called open-source software, are computer programs which code is available to the public. The advantages of free software such as customization and flexibility make it a perfect tool to combine with SDR receivers when used for Electronic Warfare.

Therefore, the title of this proposed project “The adaptation of a specific SDR receiver to free electronic warfare software” from the SIGILO platoon of the Telecommunications Company in the Battalion I of the Electronic Warfare Regiment number 31. With the objective of studying and obtaining a proposal to be able to use all the SDR receivers provided under free software.

To achieve this, interviews are carried out with the Unit personnel with the most experience in carrying out Electronic Warfare Support Measures activities, in order to know and obtain the operational needs, as well as the different software applications to be studied and tested during the evolution of the project.

Once these interviews have been carried out, several sets of applications are established to allow the adaptation to be achieved successfully, meeting the provided needs. Different tests are carried out with them in the Regiment itself and in the field during maneuver exercises.

This way, the adaptation and flexibility of the Unit is increased, and consequently the operability of the Army in relation to Electronic Warfare as well.

KEYWORDS

Electronic Warfare, Software Defined Radio (SDR), free software, demodulation and decode.



INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	III
Palabras Clave.....	III
Abstract.....	IV
Key Words.....	IV
Índice de Figuras.....	VII
Índice de Tablas.....	IX
Abreviaturas, siglas y acrónimos.....	X
1. Introducción.....	1
1.1 Ámbito de trabajo.....	1
1.2 Motivación del trabajo.....	1
1.3 Propósitos y objetivos.....	2
1.4 Metodología.....	2
1.5 Estructura de la memoria.....	3
2. Estado del Arte.....	4
2.1 Guerra Electrónica (EW).....	4
2.1.1 Ataque Electrónico.....	4
2.1.2 Defensa Electrónica.....	5
2.1.3 Vigilancia Electrónica.....	5
2.2 Medidas de Guerra Electrónica.....	5
2.2.1 Medidas de Apoyo Electrónico (ESM).....	5
2.2.2 Contrainformación Electrónica (ECM).....	5
2.2.3 Medidas de Protección Electrónica (EPM).....	6
2.3 Radio Definida por Software (SDR).....	6
2.4 Cifrado, DMR y sus niveles.....	8
3. Estudio de la Viabilidad: Entrevistas.....	10



3.1 Preparación de las entrevistas.....	10
3.2 Resultados de las entrevistas.....	11
4. Herramientas de trabajo.....	13
4.1 Antena D3000N.....	13
4.2 Receptor SDR BB60C.....	14
4.3 Lenovo P53 y software.....	15
4.3.1 VMware.....	15
4.3.2 Ubuntu.....	15
4.3.3 GNU Radio.....	16
4.3.4 SDR Sharp.....	16
4.3.5 Gqrx.....	16
4.3.6 HDSDR.....	17
4.3.7 DSD+.....	17
4.3.8 Virtual Audio Cable (VAC).....	17
5. Desarrollo, análisis y resultados.....	18
5.1 Montaje del hardware.....	18
5.2 Instalación del software.....	18
5.2.1 Opción 1: VMware, Ubuntu, GNU Radio y SDR Sharp.....	18
5.2.2 Opción 2: VMware, Ubuntu y Gqrx.....	20
5.2.3 Opción 3: HDSDR, DSD+ y VAC.....	21
6. Conclusiones y futuros trabajos.....	27
7. Referencias bibliográficas.....	28
ANEXOS.....	30
Anexo I: Lista del personal entrevistado.....	30
Anexo II: Respuestas a las entrevistas.....	31



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relación entre las acciones, medidas y actividades de EW [1].....	6
Figura 2: Componentes de un equipo SDR [10].....	7
Figura 3: Niveles de encriptación de voz [13].....	8
Figura 4: Antena D3000N [5].....	13
Figura 5: Componentes antena D3000N [6].....	13
Figura 6: Receptor BB60C. (a) Vista frontal; (b) Vista perfil izquierdo; (c) Vista perfil derecho [14].....	14
Figura 7: Captura de pantalla logo VMware. Fuente: Elaboración propia.....	15
Figura 8: Captura de pantalla logo Ubuntu. Fuente: Elaboración propia.....	15
Figura 9: Captura de pantalla interfaz Ubuntu. Fuente: Elaboración propia.....	15
Figura 10: Captura de pantalla logo GNU Radio. Fuente: Elaboración propia.....	16
Figura 11: Captura de pantalla interfaz GNU Radio. Fuente: Elaboración propia.....	16
Figura 12: Captura de pantalla interfaz SDR Sharp. Fuente: Elaboración propia.....	16
Figura 13: Captura de pantalla interfaz Gqrx. Fuente: Elaboración propia.....	16
Figura 14: Captura de pantalla logo HDSDR. Fuente: Elaboración propia.....	17
Figura 15: Captura de pantalla logo DSD+. Fuente: Elaboración propia.....	17
Figura 16: Captura de pantalla interfaz DSD+. Fuente: Elaboración propia.....	17
Figura 17: Captura de pantalla logo VAC. Fuente: Elaboración propia.....	17
Figura 18: Receptor BB60C con sus componentes conectados [15].....	18
Figura 19: Captura de pantalla de la página web HDSDR. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 20: Captura de pantalla de la página web Signal Hound donde se encuentran los "HDSDR Compatibility Files". Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 21: Captura de pantalla de los archivos de compatibilidad copiados en la carpeta del programa HDSDR. Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 22: Captura de pantalla de la página web DSD+. Fuente: Elaboración propia.....	23
Figura 23: Captura de pantalla de la página web VAC. Fuente: Elaboración propia.....	23



Figura 24: Captura de pantalla de la interfaz DSD+ con la configuración de los dispositivos de entrada y de salida. Fuente: Elaboración propia.....24

Figura 25: Captura de pantalla de la interfaz HDSDR con la configuración de (a) el dispositivo de entrada (b) el dispositivo de salida. Fuente: Elaboración propia.....24

Figura 26: Captura de pantalla de la interfaz HDSDR con la opción para crear una grabación. Fuente: Elaboración propia.....25

Figura 27: Captura de pantalla de la interfaz HDSDR con el formulario relleno para crear una grabación. Fuente: Elaboración propia.....26

Figura 28: Captura de pantalla de la carpeta seleccionada con las grabaciones hechas. Fuente: Elaboración propia.....26

Figura 29: Captura de pantalla de las respuestas a la primera pregunta de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....31

Figura 30: Captura de pantalla de las respuestas a la segunda pregunta de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....32

Figura 31: Captura de pantalla de las respuestas a la tercera pregunta de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....33

Figura 32: Captura de pantalla de las respuestas a la cuarta pregunta de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....34

Figura 33: Captura de pantalla de las respuestas a la quinta pregunta de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....35

Figura 34: Captura de pantalla de las respuestas a la última pregunta de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....36



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Glosario de términos. Fuente: Elaboración propia.....	X
Tabla 2: Lista del personal entrevistado. Fuente: Elaboración propia.....	30



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

	Significado en español	Significado en inglés
A/D	Analógico / Digital	Analog / Digital
ADPCM	Modulación por Codificación de Impulsos Diferencial Adaptativa	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
AES	Encriptación Avanzada	Advanced Encryption Standard
BP	Encriptación Básica	Basic Encryption
Cap	Capitán	
DAC	Dama Alférez Cadete	
db	Decibelios	Decibels
DMR	Radio Móvil Digital	Digital Mobile Radio
DSD		Digital Speech Decoder
ECM	Contra medidas Electrónicas	Electronic Counter Measures
EEM	Espectro Electromagnético	Electromagnetic Spectrum
EP	Encriptación Mejorada	Polarization Encryption
EPM	Medidas de Protección Electrónicas	Electronic Protective Measures
ESM	Medidas de apoyo de Guerra Electrónica	Electronic Support Measures



ETSI	Instituto Europeo en Estándares de Telecomunicación	European Telecommunications Standards Institute
EW	Guerra Electrónica	Electronic Warfare
FI	Frecuencia Intermedia	Intermediate Frequency
GB	Gigabytes	Gigabytes
GHZ	Gigahercios	Gigahertz
HDSDR	Alta Definición Radio Definida por Software	High Definition Software Defined Radio
I+D	Investigación y Desarrollo	
IP	Protocolo de Internet	Internet Protocol
KHZ	Kilohercios	Kilohertz
LNA	Amplificador de bajo ruido	Low Noise Amplifier
m/s	Metros por segundos	
MB/s	Megabytes por segundos	
MHZ	Megahercios	Megahertz
PC	Computador Personal	Personal Computer
PCM	Modulación por impulsos codificados	Pulse Code Modulation
POI	Probabilidad de interceptación	Probability of intercept



RAM	Memoria de Acceso Aleatorio	Random Access Memory
REW-31	Regimiento de Guerra Electrónica 31	
RF	Radiofrecuencia	Radio Frequency
Sdo	Soldado	
SDR	Radio Definida por Software	Software Defined Radio
Sgto	Sargento	
SIGILO	Sistema Integrado de Goniometría, Interceptación y Localización	
TCP	Protocolo de Control de Transmisión	Transmission Control Protocol
Tte	Teniente	
UHF	Ultra Alta Frecuencia	Ultra High Frequency
USB	Bus Universal en Serie	Universal Serial Bus
VAC	Cable de Audio Virtual	Virtual Audio Cable
VHF	Muy Alta Frecuencia	Very High Frequency
WAV	Formato de Audio de forma de Onda	Waveform Audio Format
ZIP	Formato de compresión sin pérdidas	

Tabla 1: Glosario de términos. Fuente: Elaboración propia.



1. Introducción

En el campo de la Guerra Electrónica, la capacidad de recibir y analizar señales electromagnéticas se posiciona como un pilar fundamental para obtener el dominio del Espectro Electromagnético. En este contexto, los receptores SDR (Software Defined Radio) emergen como una tecnología revolucionaria, capaz de adaptarse a un gran número de entornos y amenazas en escenarios muy diversos, proporcionando flexibilidad, versatilidad y adaptabilidad en el campo de batalla electrónico.

1.1 Ámbito de aplicación

Las unidades de Guerra Electrónica precisan de sistemas digitales que permitan la monitorización del espectro electromagnético, para la detección y análisis de señales. Actualmente, estos sistemas que tiene y explota el Regimiento de Guerra Electrónica N.º 31 (REW-31), poseen capacidades que permiten la interceptación de comunicaciones de elementos potencialmente enemigos. Posteriormente, las comunicaciones interceptadas son procesadas, analizadas y remitidas a los órganos de inteligencia.

Unidades como el REW-31 poseen sistemas digitales con estas características, pero con una serie de limitaciones; ya que, debido al continuo y rápido avance de la tecnología, estos sistemas quedan obsoletos en un corto periodo de tiempo. Su coste de adquisición, adaptado a las necesidades militares de seguridad y robustez, hacen difícil o imposible su actualización.

De este modo, se observa la necesidad de modernizar el sistema de Guerra Electrónica táctico en el Ejército de Tierra, permitiendo contar un nuevo sistema reconfigurable, flexible, modulable, actualizable, de coste relativamente bajo y que permita adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes del Ejército de Tierra en materia de Guerra Electrónica. Además, debe cumplir con los estándares militares de seguridad, confiabilidad y robustez. Y que precise de un sistema actualizado, en materia de decodificación de nuevos modos de señales digitales.

Con este fin, se emplea la tecnología desarrollada en los sistemas radio definida por software (SDR), que combinan un hardware sencillo fácilmente modificable e intercambiable, con una configuración avanzada de software, que abarca las verdaderas capacidades del sistema. Esto conlleva una fácil evolución, abaratamiento de componentes, mayor rapidez de funcionamiento y mejor calidad.

La propuesta, el planteamiento, desarrollo y ejecución del presente Trabajo Fin de Grado se desarrolla en la Sección SIGILO de la Compañía de Telecomunicaciones del Batallón I del Regimiento de Guerra Electrónica 31. Por lo tanto, los objetivos planteados se han enfocado a cubrir las necesidades de la Unidad y de la misma manera las capacidades del Ejército de Tierra en Guerra Electrónica Táctica.

1.2 Motivación del trabajo

El REW-31 cuenta con el Sistema SIGILO, basado en receptores SDR. Es un Sistema tipo I+D, propio del Regimiento, capaz de realizar la detección, clasificación y grabación, en tiempo real de señales de radio digitales, las cuales son posteriormente procesadas, demoduladas y decodificadas.



Actualmente se depende y se trabaja con un software de pago llamado DECODIO. Sin embargo, el rendimiento de la unidad sin este software se ve perjudicado, quedando señales sin interceptar y los nuevos modos digitales sin poder decodificar. En consecuencia, las tareas de vigilancia y control del espectro radioeléctrico asignadas al Regimiento quedarían incompletas. Asimismo, se requieren mejoras y aumento de capacidades de forma periódica, debido a la natural evolución de las técnicas de Guerra Electrónica.

1.3 Propósitos y objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es adaptar el receptor BB60C de la marca Signal Hound a un software libre que más se adapte a las necesidades de la unidad para su uso en Guerra Electrónica de la forma más versátil y eficaz posible.

Como propósitos secundarios se encuentran los siguientes:

- La interceptación de señales en diferentes bandas de frecuencia.
- La demodulación y decodificación de las señales, especialmente las que estén en protocolo DMR.
- Poder utilizar el software en los ordenadores existentes, con sistema operativo Windows.
- La realización de grabaciones en claro sin interferencias.

1.4 Metodología

Para alcanzar los objetivos anteriores, es necesario establecer una serie de tareas de bajo nivel, estas son:

- Conocer el estado del arte de la Guerra Electrónica, de los receptores SDR y de los protocolos de codificación.
- Realizar una serie de entrevistas para conocer la situación actual y los medios de los que se dispone.
- Realizar una investigación sobre los posibles programas de software libre que puedan adaptarse al receptor SDR específico y a las necesidades de la Unidad.
- Analizar las posibles opciones planteadas con su puesta en marcha.
- Realizar pruebas de funcionamiento y la corrección de errores.
- Conclusiones y posibles líneas de acción para futuras mejoras.



1.5 Estructura de la memoria

Con respecto a la estructura de la memoria, se desarrolla en seis capítulos divididos en diferentes subapartados ordenados con el objetivo de guiar la lectura del trabajo, permitiendo una comprensión en profundidad.

Inicialmente, se desarrolla el capítulo de “Introducción” en el que se exponen: el ámbito de aplicación, la motivación del trabajo, el propósito, los objetivos, la metodología y la estructura de la memoria.

En el siguiente capítulo se analizará el “Estado del arte”, en el que se explican de forma breve los conocimientos básicos necesarios para comprender los fundamentos sobre los que este trabajo se asienta. Tanto de Guerra Electrónica, sus funciones y medidas, como de los receptores SDR y la codificación de los protocolos, en especial el protocolo DMR.

De igual manera, en el capítulo “Estudio de la viabilidad: entrevistas”, se expone la metodología utilizada para la obtención de las necesidades y las posibles opciones planteadas para cubrirlas.

Por otro lado, en el capítulo “Herramientas de trabajo”, se analiza y se exponen los medios hardware y software necesarios para la realización de la adaptación.

Posteriormente, se realizará el “Desarrollo, análisis y resultados” de las opciones planteadas en las entrevistas realizadas, detallando el procedimiento seguido.

Para finalizar, en el capítulo “Conclusiones”, se resume el trabajo realizado indicando la configuración de software más adecuada para la consecución de los objetivos definidos, y se plantean posibles líneas de acción para futuros trabajos.



2. Estado del arte

2.1 Guerra Electrónica (EW)

Actualmente todos los países dependen de la energía electromagnética especialmente en el ámbito militar, ya que posibilita acceder a la información sobre enemigos tanto actuales como potenciales. Esta dependencia está en continuo crecimiento, y aunque aporta muchas ventajas sobre los adversarios menos avanzados, también introduce grandes vulnerabilidades.

Todas las capacidades operativas, en mayor o menor medida, explotan la energía electromagnética (telecomunicaciones, sensores de imágenes, de vigilancia, de reconocimiento y radar, Guerra Electrónica, etc.). Para el éxito de las operaciones es necesaria la fusión de las capacidades electromagnéticas y la creación de una autoridad del entorno electromagnético que regule todas las actividades que actúan en él.

La Guerra Electrónica (también conocida como EW por sus siglas en inglés, Electronic Warfare) es la acción militar que explota la energía electromagnética para proporcionar conocimiento de la situación y lograr efectos ofensivos y defensivos con el objetivo final de dominar el espectro electromagnético (EEM) [2]. Esto implica manipular las señales electromagnéticas, como las radiofrecuencias y las comunicaciones, para obtener una ventaja táctica o estratégica en un conflicto.

La Guerra Electrónica es una parte fundamental de la estrategia militar moderna, ya que la mayoría de los sistemas militares dependen en gran medida de la tecnología electrónica. Al manipular y controlar el espectro electromagnético, las fuerzas militares pueden obtener una ventaja crucial en el campo de batalla. Puede dividirse en tres principales acciones de Guerra Electrónica: ataque electrónico, defensa electrónica y vigilancia electrónica.

2.1.1 Ataque Electrónico

Se emplea para destruir, neutralizar, negar, degradar, interrumpir o engañar las capacidades de mando y control del adversario, así como reducir sus oportunidades para modificar o explotar el entorno operativo [1]. Se busca perturbar o incapacitar las capacidades del enemigo, como sus sistemas de comunicaciones, radares y sistemas de navegación. Esto puede lograrse mediante la interferencia de señales, el engaño (como la emisión de señales falsas) o incluso la destrucción física de equipos electrónicos.

La aplicación del ataque electrónico es también un componente de la función de combate fuegos. Cuando se combina con el ataque físico se consigue el mayor poder de destrucción. Normalmente, el ataque electrónico no se emplea de forma aislada, sino como un elemento más de un ataque, siendo habitual que complemente a la defensa electrónica y se sirva de la vigilancia electrónica.



2.1.2 Defensa Electrónica

Se centra en proteger las propias capacidades electrónicas contra los ataques del enemigo. Esto puede implicar el uso de tecnologías como contramedidas electrónicas y sistemas de protección contra interferencias. La energía dirigida y la perturbación electrónica pueden también considerarse como defensa electrónica cuando se emplea defensivamente [1].

2.1.3 Vigilancia Electrónica

Implica el uso de la tecnología electrónica para obtener conocimiento de la situación con objeto de reconocer la amenaza, es decir, la identificación y localización de todos los medios propios y del adversario [1]. Así mismo, la recopilación y análisis de información sobre el entorno electromagnético, lo cual puede ayudar a las fuerzas militares a tomar decisiones mejor informadas, que ayuden a la realización de las operaciones militares.

2.2 Medidas de Guerra Electrónica

Las medidas de Guerra Electrónica son las herramientas que utilizan las acciones electrónicas para conseguir los propósitos que se propone el mando. Al estar focalizadas en las actividades que se desarrollan en las unidades de EW, y ser planeadas y ejecutadas por personal de EW. Estas son: medidas de apoyo electrónico, contramedidas electrónicas y medidas de protección electrónicas [2].

2.2.1 Medidas de apoyo electrónico (ESM – Electronic Support Measures)

Son aquellas medidas que se realizan para buscar, interceptar, identificar la emisión electromagnética y localizar su fuente, con la finalidad del reconocimiento inmediato de la amenaza. Se enfoca en proporcionar información valiosa sobre el espectro electromagnético, el cual abarca desde las radiofrecuencias hasta las microondas. Estas medidas están destinadas a obtener una ventaja estratégica en el campo de batalla, permitiendo a las fuerzas militares comprender y controlar el entorno electromagnético en el que operan.

A diferencia de las medidas ofensivas o defensivas de Guerra Electrónica, las ESM se centran en la recopilación de datos, el análisis y la interpretación de señales electromagnéticas. Esto incluye actividades como la interceptación de comunicaciones, la identificación de emisores y la evaluación del comportamiento de los sistemas electrónicos del enemigo. A través de estas operaciones, las ESM proporcionan inteligencia vital que ayuda a las fuerzas militares a tomar decisiones informadas y a diseñar estrategias efectivas. Su participación es fundamental en la toma de decisiones inmediatas que impliquen ECM, EPM y otras acciones tácticas [1].

2.2.2 Contramedidas electrónicas (ECM – Electronic Counter Measures)

Son aquellas que emplean la energía electromagnética para impedir o reducir el uso eficaz del espectro electromagnético por parte del enemigo. Su objetivo principal es mitigar o anular los efectos adversos de las acciones de Guerra Electrónica dirigidas contra las fuerzas militares propias [1].



Incluyen una variedad de técnicas y tecnologías, como sistemas de filtrado, señuelos electrónicos, contrarrelojes y otras contramedidas específicamente diseñadas para enfrentar interferencias, engaños y otros ataques electromagnéticos. Comprenden las actividades de perturbación electrónica, decepción electrónica y neutralización electrónica.

Al dominar las ECM, las fuerzas militares pueden salvaguardar sus sistemas de comunicaciones, radares, navegación y demás equipos electrónicos cruciales. Esto, a su vez, asegura una mayor capacidad de maniobra y operación efectiva, contribuyendo significativamente a la superioridad y eficiencia de las operaciones militares.

2.2.3 Medidas de protección electrónicas (EPM – Electronic Protective Measures)

Son aquellas medidas tomadas para garantizar la integridad y funcionamiento efectivo de los sistemas electrónicos propios frente a posibles amenazas y perturbaciones electromagnéticas provenientes del enemigo [1].

Las EPM pueden ser detectables por el enemigo o activas como por ejemplo la modificación de parámetros, o no detectables por el enemigo también llamadas pasivas como pueden ser procedimientos operativos y las características técnicas de los equipos.

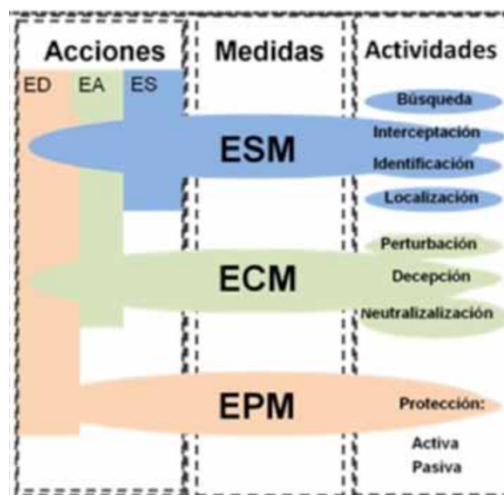


Figura 1: Relación entre las acciones, medidas y actividades de EW [1].

2.3 Radio Definida por Software (SDR)

Una radio definida por software o SDR es un dispositivo de comunicación por radiofrecuencia en el que varios de los componentes normalmente implementados en hardware se desarrollan mediante software, utilizando un ordenador u otros dispositivos de computación [11]. Componentes como mezcladores, filtros, moduladores, demoduladores, detectores, etc; son aplicaciones de software que trabajan sobre una señal, en lugar de circuitos electrónicos específicamente diseñados como ocurre en los dispositivos de radio convencionales.



Estos dispositivos ofrecen un nivel de flexibilidad y versatilidad mucho mayor que los dispositivos de radio tradicionales. Al tener gran parte de los componentes manejados por software, muchas de las funcionalidades que el sistema ofrece pueden ser modificadas o moduladas simplemente modificando el software ya existente o descargando un nuevo programa, en lugar de utilizar un hardware de propósito específico.

Un equipo SDR está compuesto por una serie de bloques que se pueden clasificar en tres secciones: la sección de RF (Radio Frecuencia), la sección FI (Frecuencia Intermedia) y la sección de banda base.

La sección de RF es responsable de la recepción de la señal en la frecuencia en la que se emite. Es la parte del hardware encargada de recibir y procesar las ondas electromagnéticas que se encuentran en el rango de frecuencias de radio. Esta sección es esencial para captar señales del ambiente y enviarlas al resto del sistema para su procesamiento digital. La recepción de la señal es captada a través de la conexión con la antena. Después de ser captadas por la antena, las señales pueden ser muy débiles. El LNA (Amplificador de Ruido Bajo) amplifica la señal antes de que sea procesada. Posteriormente, mediante un mezclador se convierte a la frecuencia intermedia, frecuencia que queremos procesar. El mezclador es un componente que combina la señal recibida con una frecuencia local generada internamente para "bajar" la frecuencia de la señal. Esto facilita su posterior procesamiento digital.

La siguiente sección (FI) es una etapa importante en el proceso de recepción de señales de radio. Después de que la sección RF captura y amplifica la señal de radio, la sección FI trabaja para reducir la frecuencia de la señal y convertirla a digital para su procesamiento posterior [10].

En esta sección encontramos los convertores de analógico a digital. También contiene los filtros, los demoduladores y cualquier otro elemento de procesamiento de la señal que sea necesario. La señal recibida entra en el convertor A/D, en el cual se digitaliza. Posteriormente, pasa a ser procesado y demodulado para proporcionar la señal al procesador base.

Finalmente encontramos la sección de banda base donde se encuentra el procesador encargado de extraer la información deseada.

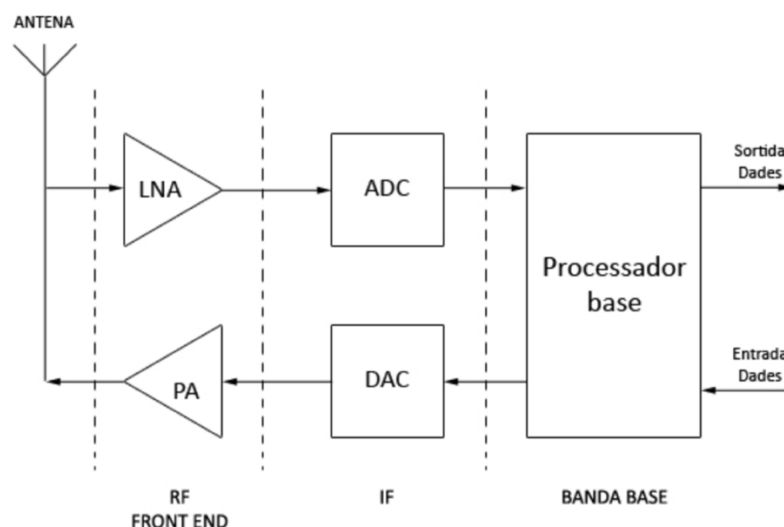


Figura 2: Componentes de un equipo SDR [10].



2.4 Cifrado, DMR y sus niveles

El cifrado o la encriptación, es el proceso de codificación de la información. La codificación es el proceso mediante el cual se convierte la información en otra forma aceptable para la transmisión [12]. La decodificación invierte este proceso para interpretar la información. Las primeras técnicas de cifrado se utilizaban en la mensajería militar. Desde entonces, han surgido nuevas técnicas que se han convertido en habituales en todos los ámbitos de la informática.

Este proceso convierte la forma de la información original, en una forma alternativa para su transmisión. Sólo las partes autorizadas pueden descifrar un texto cifrado para convertirlo y acceder a su información original. El cifrado no impide las interferencias, pero oculta su contenido a un posible interceptor.

Un esquema de cifrado utiliza una clave de cifrado pseudoaleatoria generada por un algoritmo. Un destinatario autorizado conoce la clave proporcionada por el emisor y puede descifrar fácilmente el contenido. Es posible descifrar el mensaje sin poseer la clave, pero para un esquema de encriptación bien diseñado, requiere una serie de recursos y habilidades computacionales.

Un protocolo de cifrado describe la forma en que un algoritmo debe usarse y realiza funciones relacionadas con la seguridad, aplicando métodos criptográficos. Se usan ampliamente para transporte de datos seguros a nivel de aplicación.

La radio móvil digital (en inglés, Digital Mobile Radio, DMR) es un estándar del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). Fue publicado en el año 2005 y desarrollado como protocolo de radio digital de banda estrecha, con el fin de conseguir una mejora de la eficiencia espectral sobre la radio analógica tradicional, facilitando las comunicaciones bidireccionales a través de radio digital [13].

Existen cuatro niveles de encriptación para DMR, estos son: en claro, básica, mejorada y avanzada. El primero ocurre cuando se está haciendo una transmisión de voz con un equipo DMR sin encriptación, la señal es audible si se tiene una herramienta de demodulación de la señal, si no se posee, la señal suena como un motor. Existen herramientas de código abierto para la demodulación de la señal DMR, con lo que son fáciles de encontrar en internet sin coste alguno, la más utilizada el DSD+. Con este software solo se puede llegar a escuchar las señales de emisión en claro. Para los demás niveles existen softwares que pueden llegar a descifrar las señales, pero no son de código abierto y requieren licencias, es decir, son de pago.

Niveles de encriptación	
Emisión en claro (sin encriptación)	DMR
Encriptación básica (BP)	
Encriptación mejorada (EP)	
Encriptación avanzada (AES)	
Encriptación DES	P25

Figura 3: Niveles de encriptación de voz [13].



Es importante destacar que DMR es un estándar abierto y, por lo tanto, hay una variedad de fabricantes que producen equipos compatibles con este protocolo. Entre ellos se encuentran: Motorola Solutions, Hytera, Kenwood, Vertex Standard (Yaesu), Entel, etc.

DMR es utilizado en una amplia gama de industrias y aplicaciones, incluyendo servicios de emergencia, seguridad privada, empresas de transporte y logística, industria manufacturera, energía y servicios públicos, entre otros. Para este trabajo será importante poder demodular DMR, ya que muchas de las señales interceptadas en los diferentes escenarios militares, son de equipos de los fabricantes anteriormente mencionados, los cuales utilizan este estándar.

Algunos equipos que utilizan DMR, que son interesantes para su interceptación en Guerra Electrónica son los siguientes:

1. Radios Móviles: Radios que están instaladas en vehículos, como automóviles, camiones o estaciones fijas. Son comunes en aplicaciones como servicios de emergencia, flotas de transporte, y empresas que requieren una comunicación confiable y eficiente.
2. Radios Portátiles: También conocidas como radios de mano o walkie-talkies, son dispositivos compactos y portátiles que permiten la comunicación inalámbrica a corta distancia. Son utilizadas por equipos de trabajo que necesitan mantenerse en contacto mientras se mueven dentro de un área determinada.
3. Repetidores: Los repetidores son estaciones de radio que retransmiten señales para extender el alcance de la comunicación. Son cruciales para permitir la comunicación en áreas grandes o en terrenos difíciles donde la señal directa podría ser débil o inexistente.
4. Sistemas de Infraestructura: Estos sistemas incluyen servidores, conmutadores (switches), y otros componentes de red necesarios para administrar y controlar una red de comunicación DMR. Pueden ser utilizados en entornos donde se requiere una gestión centralizada de la comunicación.
5. Accesorios y Periféricos: Estos pueden incluir auriculares, micrófonos, altavoces, antenas y otros dispositivos diseñados para mejorar la funcionalidad y la comodidad de los usuarios de equipos DMR.



3. Estudio de la viabilidad: Entrevistas

3.1 Preparación de las entrevistas

Con el fin de entender la motivación, los problemas planteados de la propuesta, conocer la situación técnica actual de la sección, así como el posible proceso de adaptación, se realizan unas entrevistas al personal de la sección SIGILO (Sección que trabaja con los receptores SDR en la unidad).

Estas entrevistas ofrecen determinadas ventajas que las hacen óptimas, como la capacidad de preparar las preguntas según un guion para mantener una estructura deseada y la posibilidad del entrevistado de expresar su propia opinión abiertamente, así como la capacidad de generar nuevas preguntas durante el desarrollo de la misma.

En primer lugar, para la obtención de la información necesaria se preparan una serie de preguntas:

- ¿Qué ventajas nos daría el receptor BB60C con respecto a los demás receptores disponibles?
- ¿Piensa que sería útil adaptar el receptor BB60C a un programa de software libre? ¿Por qué y qué soluciones daría?
- ¿Piensa que es importante utilizar todos los receptores de la unidad con diferentes programas de software libre? ¿Por qué?
- Si se adaptase, ¿considera que podría formar parte de la instrucción de la sección?
- ¿Qué sistema operativo se adecúa más a los softwares que puedan ser compatibles con el receptor BB60C?
- ¿Sería importante utilizar todos los receptores de la unidad bajo el mismo sistema operativo?

En segundo lugar, se procede a la realización de las entrevistas al personal citado en el ANEXO I. Se entrevista a un total de nueve personas, teniendo todas aquellas unos conocimientos estándares de telecomunicaciones y de búsqueda, análisis e interceptación de señales. En cuanto a la clasificación de la Tabla 2 del ANEXO I, se realiza ordenando alfabéticamente al personal por su empleo; y para cada uno, se especifica sus años de experiencia y el nivel de sus conocimientos en receptores SDR.



3.2 Resultados de las entrevistas

Tras la realización de las entrevistas se obtienen tres conjuntos de información que nos aseguran que la adaptación del receptor a un software libre sería viable y ventajosa, así como las posibles maneras de adaptarlo.

El primer conjunto de información obtenido trata sobre las ventajas que da el receptor BB60C respecto a los demás receptores de la unidad, estas son:

- Su gran ancho de banda (27 MHz), muy superior al resto de receptores. Esto nos proporciona una mayor visión del espectro electromagnético y una mayor resolución en la representación de señales, por lo tanto, una mayor capacidad de interceptación y una mayor facilidad de operación.
- Su tasa de muestreo (14 bits), nos proporciona una mejora sustancial en la recepción de la señal. Esto se debe a que hay menos pérdida en la digitalización y procesamiento de la señal en el receptor, para proporcionarnos una lectura en el software más cercana a la realidad.
- Su alto rango dinámico, de más de 80 db. Esto hace que pueda manejar señales débiles y fuertes al mismo tiempo, haciéndolo adecuado para utilizarlo en todo tipo de escenarios, desde entornos con señales de baja intensidad, hasta entornos con alta interferencia.

De las nueve personas entrevistadas, seis mencionaron el ancho de banda, cuatro mencionaron la tasa de muestreo y dos el alto rango dinámico.

El segundo conjunto de información obtenida trata sobre las ventajas que daría utilizar un software libre en la unidad, estas son:

- Libertad, transparencia, flexibilidad y personalización: Al utilizar un software libre, se promueve la transparencia y la libertad del usuario. Esto significa que el código fuente del software estaría disponible para que cualquier miembro de la unidad lo pudiese examinar, modificar y compartir. De esta manera, se puede personalizar el software para que se adapte mejor a las necesidades específicas de la unidad. Esta característica ha sido una de las más repetidas a lo largo de las entrevistas, mencionando alguna de ellas siete de los nueve entrevistados.
- Independencia de proveedores: Al depender de un software libre en lugar de soluciones propietarias, se reduce la dependencia a un proveedor específico. Esto significa que no se dependería de un único fabricante y habría más control sobre el hardware y software. El software que se utiliza con este receptor actualmente requiere de una licencia, en el caso de que no se pudiese renovar esta licencia. Utilizando el software libre el receptor no quedaría en desuso. Esta ventaja ha sido mencionada por ocho de los nueve entrevistados, ya que es una solución a la actual dependencia del software de pago DECODIO que se está utilizando.
- Facilidad de aprendizaje presente y futuro: Los softwares libres suelen ser mucho más intuitivos a la hora de aprender a utilizarlos. De esta manera sería efectivo implementarlo en la instrucción del personal. Además, se puede obtener y crear la documentación



necesaria de forma sencilla para que las nuevas incorporaciones a la sección puedan conocer el funcionamiento completo del software con el receptor. Todos los entrevistados estaban de acuerdo con que la adaptación del receptor al software libre sería de utilidad para la instrucción diaria de la sección, sacando más provecho del espectro electromagnético en ejercicios reales y de maniobras

- Costes y acceso: El software libre es gratuito, lo que puede reducir los costes asociados con la adquisición y el mantenimiento del software. Además, al no depender de una licencia se podría instalar en varios ordenadores, esto nos permite tener un mayor número de operadores trabajando a la vez. Esta fue una de las características más repetidas por los entrevistados, ya que seis de los nueve la menciona en alguna de las preguntas.
- Legalidad y licencias: El uso de software libre a menudo implica el cumplimiento de licencias de código abierto, lo que puede evitar problemas legales y garantizar que el software sea utilizado de manera ética y legal. Esto fue mencionado por una de las personas entrevistadas.

El tercer conjunto de información trata sobre los posibles programas de software libre que puedan ser compatibles con el receptor BB60C.

En primer lugar, se pregunta qué sistema operativo tiene mayor compatibilidad con el receptor. Siete de las personas afirman que el mejor es el sistema operativo Linux y dos piensan que sería Windows.

Por otro lado, se obtuvo el resultado de operar bajo el mismo sistema operativo, siendo este Windows, por dos razones principales. La primera, que no se dispone de ningún ordenador con diferente sistema operativo y la segunda, que los demás receptores utilizan programas de software libre compatible con Windows. Por lo que sería más fácil y menos costoso utilizar el mismo.

Por estos resultados se llega a la conclusión de trabajar con un ordenador Windows con máquinas virtuales que tengan un sistema operativo Linux, plantándose tres posibles opciones para la adaptación del receptor:

1. Descargar el programa GNU Radio, ya que tiene una extensión para el receptor BB60C. A pesar de que este programa es compatible en dos sistemas operativos diferentes, tanto para Windows como para Linux, la extensión solo está disponible para el sistema operativo Linux. Por lo tanto, para tenerla en una máquina física con sistema operativo Windows, habría que descargarlo en una máquina virtual, algo que no es recomendable.
2. Descargar el programa Gqrx, programa compatible con el receptor BB60C y que está disponible para un sistema operativo Linux o Mac OS X, por lo tanto, también habría que descargarlo en una máquina virtual para poder tenerlo bajo el mismo hardware que el resto de programas que se utilizan actualmente con el resto de receptores.
3. Descargar un programa no compatible con el receptor BB60C pero que se pudiese adaptar en el sistema operativo Windows. Este programa sería el HDSDR.



Como conclusión la tercera opción es la más viable y sencilla. Interesa tener los programas bajo el mismo sistema operativo, ya que en la unidad se trabaja con ordenadores que tienen sistema operativo Windows. Aunque las otras dos opciones podrían ser posibles dan más problemas al tener dos sistemas operativos diferentes funcionando en la misma máquina física, así como por la complejidad de los programas.

4. Herramientas de trabajo

En el presente trabajo se contará con diferentes herramientas de trabajo. La antena que se empleará para recibir las señales será la antena D3000N, el receptor será el específico de estudio para el trabajo, el BB60C de la marca Signal Hound y el ordenador en el que se instalarán los diferentes programas de software libre con los que se harán las pruebas será el Lenovo P53.

4.1 Antena D3000N

La antena discono Diamond original es una antena especial para recepción de escáner, con una cobertura en recepción de 25 a 3000 MHz y transmite en las bandas de 50, 144, 430, 904 y 1200 MHz [5]. Es decir, opera en la banda de frecuencias de VHF (Very High Frequency) y UHF (Ultra High Frequency). Tiene una ganancia relativamente alta en ambas bandas. La ganancia de una antena indica su capacidad para concentrar y dirigir la energía de la señal en una dirección específica.

Es una antena omnidireccional vertical, esto significa que emite y recibe señales en todas las direcciones alrededor de su eje vertical, lo que hace que sea adecuada para comunicaciones generales donde se desea comunicar con estaciones en diferentes direcciones.

Es de acero inoxidable y pesa 1 kilogramo, tiene una longitud de 1,7 metros y un ancho de 84 centímetros [6]. Tiene una impedancia de 50 Ohmios y una resistencia al aire de 40 m/sec.



Figura 4: Antena D3000N [5].



Figura 5: Componentes antena D3000N [6]



4.2 Receptor SDR BB60C

El BB60C es un receptor SDR fabricado por la empresa Signal Hound. Es un analizador de espectro de alta velocidad a tiempo real que se comunica con su PC a través de un puerto USB 3.0 lo que facilita su integración en sistemas de medición y pruebas automatizadas [15]. Es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo telecomunicaciones, investigación y desarrollo, pruebas y mediciones, Guerra Electrónica y monitoreo de espectro.

Es capaz de recibir señales en un amplio rango de frecuencias que va desde 9 kHz hasta 6 GHz. Esto lo hace adecuado para una amplia variedad de aplicaciones, desde radiofrecuencias de muy baja frecuencia hasta frecuencias de microondas. Tiene 27 MHz de ancho de banda a tiempo real, recopilando 80 millones de muestras por segundo y transmite datos a 140 MB/s [15].

Ofrece un rendimiento en tiempo real, lo que significa que puede proporcionar mediciones y análisis en tiempo real de las señales capturadas. Además, permite ajustar la ganancia del receptor para adaptarse a diferentes niveles de señal y entornos de operación.

Este receptor utiliza un oscilador y filtros de paso de banda para convertir una parte del espectro de entrada en una frecuencia intermedia (IF). Posteriormente, la frecuencia intermedia se envía desde el dispositivo al ordenador, donde se somete a un análisis de espectro que transforma la IF de entrada en un espectro de frecuencia. El IF resultante contiene 27MHz de ancho de banda utilizable. Es capaz de transmitir continuamente la frecuencia IF sin intervalos de tiempo. No tener intervalos de tiempo es fundamental para mediciones y pruebas que requieren una alta probabilidad de interceptación (POI) [14].



Figura 6: Receptor BB60C. (a) Vista frontal; (b) Vista perfil izquierdo (c) Vista perfil derecho [14].



4.3 Lenovo P53 y software

El ordenador en el que se instala el software necesario es el Lenovo P53. Este ordenador tiene una memoria RAM de 16 GB, una capacidad de almacenamiento de 516 GB, el tamaño de la pantalla es de 15.6 pulgadas y trae el sistema operativo Windows 10 Pro preinstalado [21]. Los softwares que se instalarán para las pruebas de adaptación serán los siguientes:

4.3.1 VMware

VMware es una empresa de software especializada en virtualización y computación. La virtualización consiste en la creación de una representación de algo a través de un software, para que se pueda acceder a él y utilizar independientemente de las restricciones de su hardware físico. VMware Workstation es una línea de productos de hipervisor de escritorio que permiten a los usuarios ejecutar máquinas virtuales [7].



Figura 7: Captura de pantalla logo VMware. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Ubuntu

Ubuntu es una distribución del sistema operativo Linux. Es un software libre, por lo tanto, se puede usar, modificar y distribuir de forma gratuita. Ubuntu es muy utilizado por desarrolladores de software, ya que ofrece una amplia gama de herramientas y bibliotecas de programación [8]. Es compatible con varios lenguajes de programación, esto facilita la creación y el despliegue de aplicaciones. Este software se instalará con la finalidad de que las máquinas virtuales creadas en VMware tengan como sistema operativo Linux, y así serán compatibles con los programas que soportan al receptor BB60C.



Figura 8: Captura de pantalla logo Ubuntu. Fuente: Elaboración propia.

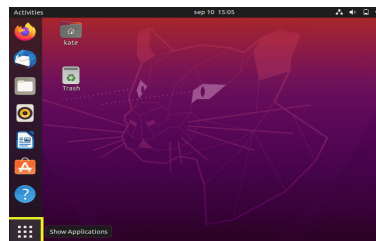


Figura 9: Captura de pantalla interfaz Ubuntu. Fuente: Elaboración propia.



4.3.3 GNU Radio

GNU Radio es una herramienta de desarrollo libre y abierta que provee bloques de procesamiento de señal para implementar sistemas de radio definida por software. Las aplicaciones de GNU Radio se construyen mediante un entorno gráfico GNU Radio Companion o mediante lenguaje de programación Python directamente mientras que la parte que requiere alto rendimiento está escrita en lenguaje C++, como es el caso de sus librerías. Este programa permite el desarrollo de algoritmos de procesamiento de señal usando datos generados o grabados anteriormente, evitando la necesidad de utilizar hardware real.



Figura 10: Captura de pantalla logo GNU Radio.
Fuente: Elaboración propia.

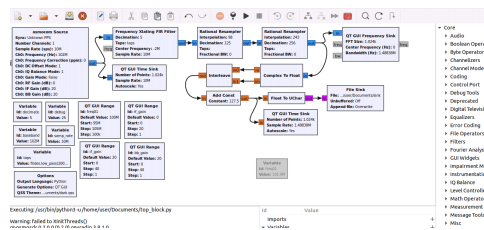


Figura 11: Captura de pantalla interfaz GNU Radio.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 SDR Sharp

SDR Sharp o SDR+ es el software libre más completo, integrado, actualizado, personalizable y de mejor rendimiento, con complementos para cada necesidad. Actualmente no es compatible con el receptor BB60C, a pesar de ello tiene opciones para intentar adaptarlo. Este programa admite archivos de tipo WAV generados por otros programas y tiene una opción para recibir señales en red de otros receptores no compatibles.

4.3.5 Gqrx

Gqrx es software libre para receptores SDR que funciona con GNU Radio y el kit de herramientas Qt GUI [16]. Es un software gratuito, con licencia pública general GNU que permite a cualquiera modificarlo para su uso. Su lenguaje de programación es C++ y actualmente se ejecuta bajo Linux y Mac.

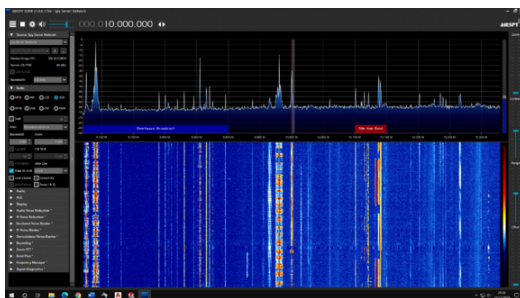


Figura 12: Captura de pantalla interfaz SDR Sharp.
Fuente: Elaboración propia.

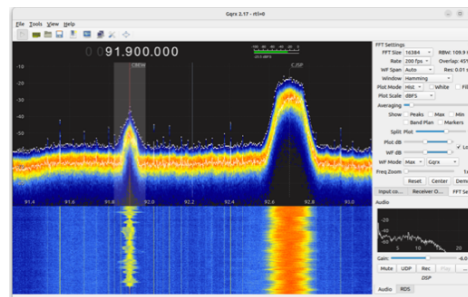


Figura 13: Captura de pantalla interfaz Gqrx.
Fuente: Elaboración propia.



4.3.6 HSDR

HSDR es un programa de software libre que se utiliza para sintonizar y procesar señales de radio utilizando receptores SDR para Microsoft Windows 2000/XP/Vista/7/8/8.1/10 [17]. Es una versión avanzada de Winrad y sus aplicaciones más comunes son para la escucha de radio, radioaficionado y análisis del espectro.



Figura 14: Captura de pantalla logo HSDR. Fuente: Elaboración propia.

4.3.7 DSD+

DSD (Digital Speech Decoder) es un programa de decodificación de voz digital que permite escuchar señales transmitidas en formato abierto, es decir, sin cifrar. Es capaz de decodificar los siguientes modos de audio: D-STAR, NXDN4800, NXDN9600, DMR, P25, X2-TDMA y ProVoice.

El programa recibe a través de una entrada de la tarjeta de sonido de nuestro PC o a través de un cable de audio virtual (VAC), el audio sin filtrar procedente de otro programa [19].



Figura 15: Captura de pantalla logo DSD+. Fuente: Elaboración propia.

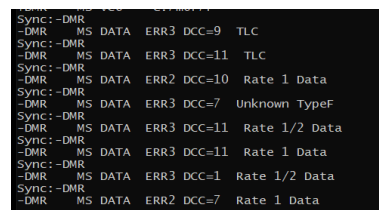


Figura 16: Captura de pantalla interfaz DSD+. Fuente: Elaboración propia.

4.3.8 Virtual Audio Cable (VAC)

Virtual Audio Cable (VAC) es un programa que actúa como puente de audio entre aplicaciones que transmiten flujos de audio. Este programa crea un conjunto de dispositivos de audio virtuales [18]. Cada dispositivo simula un adaptador de audio cuya salida está conectada internamente a la entrada, creando un bucle de audio.

Este software entrega señales de audio completas dentro del ordenador, no solo su audio. Además, no es necesario hardware de audio, es decir, se puede utilizar en un servidor virtual sin la necesidad de un adaptador de audio.



Figura 17: Captura de pantalla logo VAC. Fuente: Elaboración propia.



5. Desarrollo, análisis y resultados

5.1 Montaje del hardware

Con el software ya instalado y los drivers necesarios para el BB60C instalados: se conecta la bajada de la antena al input de 50 ohmios, se conecta las conexiones USB 3.0 macho y USB 2.0 macho a los respectivos puertos USB del ordenador a la vez que se conecta la conexión macho USB 3.0 Micro-B al dispositivo BB60C. El ordenador puede tardar unos segundos en reconocer el dispositivo y terminar de instalar los controladores. Cuando ya esté todo el hardware conectado y con las luces del receptor encendidas se inicia el software.



Figura 18: Receptor BB60C con sus componentes conectados [15].

5.2 Instalación del software

En cuanto al procedimiento de instalación se plantean tres posibles opciones, resultado de las entrevistas ya comentadas anteriormente. Se desarrollan igual que su evolución en el tiempo.

5.2.1 Opción 1: VMware, Ubuntu, GNU Radio y SDR Sharp

En primer lugar, para poder realizar la adaptación, es necesario descargar los softwares SDR Sharp, VMware y Ubuntu en nuestro ordenador con sistema operativo Windows.

El software SDR Sharp se utiliza actualmente con el resto de receptores disponibles en la unidad, esto es relevante ya que interesa poder utilizar todos ellos bajo el mismo software libre. Sin la necesidad de aprender a utilizar nuevos programas.

Una vez descargados en VMware se crea una máquina virtual con Ubuntu para que tenga sistema operativo Linux. Creada la máquina virtual, en ella se descarga el programa GNU Radio y los drivers necesarios para el receptor BB60C. Como se ha mencionado anteriormente, el programa GNU Radio está disponible para un sistema operativo Windows, pero los drivers necesarios para que el programa sea compatible con el receptor solo están disponibles actualmente para un sistema operativo Linux, de ahí la necesidad de la creación de una máquina virtual.



Con el programa GNU Radio es posible la creación de un diagrama de bloques. Para la práctica se plantea de dos maneras:

- La primera se plantea de manera que el diagrama de bloques termine en un bloque que genera un archivo WAV. Este archivo se va sobrescribiendo a medida que se recibe la señal. La razón de generar un archivo WAV es por la compatibilidad con el programa SDR Sharp, ya que admite archivos de este formato y se encarga de demodular y decodificarlos.
- La segunda opción es creando un diagrama de bloques que termine en un bloque "TCP Sink", este bloque se configura para que actúe como un servidor, asignándole una dirección IP. El programa SDR Sharp tiene una opción para recibir la señal a través de la red, por lo tanto, actúa como un cliente que recibe la señal de un servidor.

A pesar de los diferentes intentos para conseguir la señal a través de la máquina virtual y física, no se consigue el proceso de adaptación al completo. Si se puede observar que el programa GNU Radio recibe la señal del receptor, pero no es capaz de escucharla, esto puede ser debido a los fallos de audio que se dan entre las máquinas virtuales y físicas. Además, aunque se pudiese escuchar, se necesitaría un diagrama de bloques muy complejo para demodular la señal. Y no sería posible decodificarla solo con el programa GNU Radio ya que no dispone de las herramientas necesarias para hacerlo.

De la primera manera se genera un archivo WAV, que a pesar de ser el mismo formato aceptado por el programa SDR Sharp, al seleccionarlo con este da un problema de compatibilidad. Además, al compartir un archivo entre las dos máquinas en tiempo real se crea un efecto de retardo considerable para la escucha de las señales.

La incompatibilidad con archivos WAV puede ser causada por varios factores:

- Los archivos WAV pueden estar codificados en varios formatos, como PCM (Pulse Code Modulation), ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation), etc. Si un reproductor o programa no es compatible con el formato específico, puede crear problemas.
- Los archivos WAV pueden tener diferentes configuraciones de frecuencia de muestreo y profundidades de bits.
- Algunas aplicaciones pueden tener limitaciones en cuanto a qué configuraciones admiten. Algunos reproductores pueden tener problemas con los metadatos o etiquetas adjuntas a los archivos WAV. Los metadatos deben de estar formateados correctamente.
- Puede que el códec necesario para decodificar el archivo WAV no esté instalado o sea incompatible.
- En algunos casos, si el sistema de archivos en el que está almacenado el archivo WAV tiene problemas, podría afectar la capacidad de los programas para leerlo correctamente.
- Algunos programas o reproductores pueden tener errores o problemas de compatibilidad con ciertos tipos de archivos WAV.



De la misma manera, la segunda opción también da error, a pesar de que admite seleccionar la dirección IP asignada en GNU Radio, no es capaz de interceptar ni demodular ninguna señal.

Por los resultados anteriormente obtenidos se decide descartar la primera opción.

5.2.2 Opción 2: VMware, Ubuntu y Gqrx

El siguiente planteamiento, seguido de la primera opción, fue intentar demodular y decodificar la señal directamente en la máquina virtual, sin necesidad de utilizar el programa SDR Sharp.

Para ello, al tener la máquina ya instalada se descarga en ella el programa Gqrx, programa que no es compatible con el sistema operativo Windows. Este programa es compatible con el receptor BB60C por lo tanto no es necesario descargar ningún archivo adicional para su uso.

A pesar de parecer una opción viable por su fácil adaptación y rápida solución a algunos de los problemas anteriores, no se pudo subsanar el error del audio entre las máquina virtual y física. Por lo que esta razón, al igual que la anterior opción, fue descartada.

Los problemas de compatibilidad de audio entre máquinas virtuales y sistemas físicos pueden surgir debido a varias razones. Algunas de las posibles causas pueden ser:

- Controladores de sonido no instalados o desactualizados.
- Algunos hipervisores permiten configurar el hardware virtual de la máquina, incluido el controlador de sonido. Esto debe de estar configurado correctamente.
- Problemas de configuración de audio en la máquina virtual.
- En ocasiones, puede haber conflictos de recursos entre la máquina virtual y el sistema físico. Esto puede afectar al rendimiento del audio.
- Algunos sistemas operativos invitados pueden tener problemas específicos de compatibilidad de audio. El sistema operativo invitado ha de ser compatible con el hipervisor que se está utilizando.
- El software de virtualización debe de estar configurado correctamente para poder pasar el audio entre la máquina virtual y el sistema físico.
- Los dispositivos de entrada y salida de audio tienen que estar configurados correctamente tanto en la máquina virtual como en el sistema físico.
- El sistema operativo invitado debe de tener todas las actualizaciones y parches instalados. Algunas actualizaciones pueden abordar problemas de compatibilidad.
- Algunos hipervisores pueden tener problemas específicos de compatibilidad con ciertos sistemas operativos invitados.



5.2.3 Opción 3: HSDR, DSD+ y VAC

La última opción que se plantea es la independencia de la máquina virtual, ya que las anteriores opciones fueron descartadas por su incompatibilidad con la máquina física. De esta manera, se decide trabajar solo con el sistema operativo Windows propio de la máquina física. Para ello se busca un programa que se pueda adaptar al receptor, este programa es el HSDR.

Para la adaptación del receptor serán necesarios la descarga de tres programas de software libre diferentes. Siendo estos el HSDR, el DSD+ y el VAC. Estos programas se pueden descargar directamente buscando sus nombres en el buscador del navegador que tenga el ordenador descargado.

En primer lugar, se descarga el programa HSDR. En principio, este programa no está diseñado para el receptor deseado, el BB60C. Por lo tanto, se necesitarán unos archivos que lo hagan compatible con el programa, estos son los HSDR compability files. Dichos archivos se pueden descargar de la página web de la marca Signal Hound (fabricantes del receptor BB60C).

Al pinchar en el nombre “HSDR Compability Files” de la página web se descargarán los archivos necesarios en la carpeta descargas de nuestro ordenador. De manera que encontraremos una carpeta en formato zip que habrá que descomprimir. Una vez que se descomprime la carpeta se extraen los seis archivos que contiene.

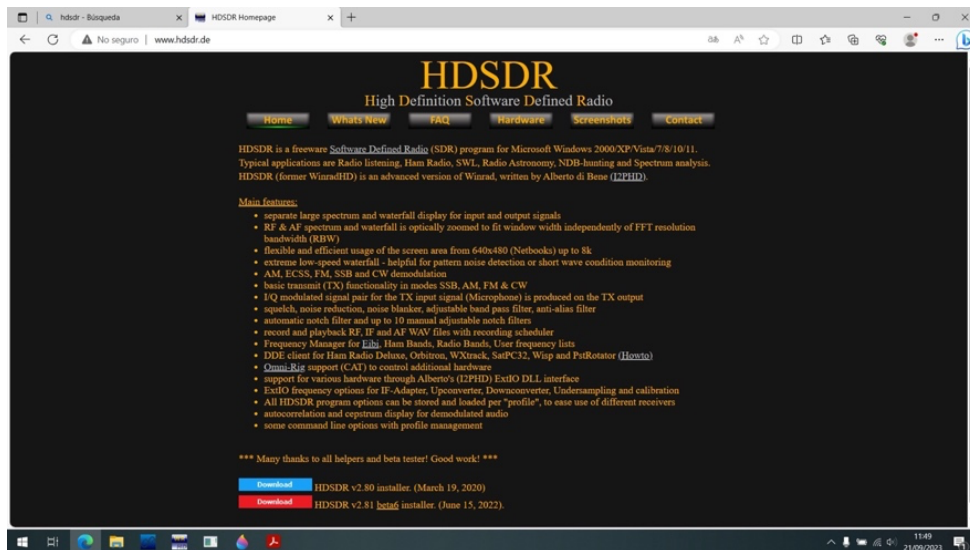


Figura 19: Captura de pantalla de la página web HSDR. Fuente: Elaboración propia.

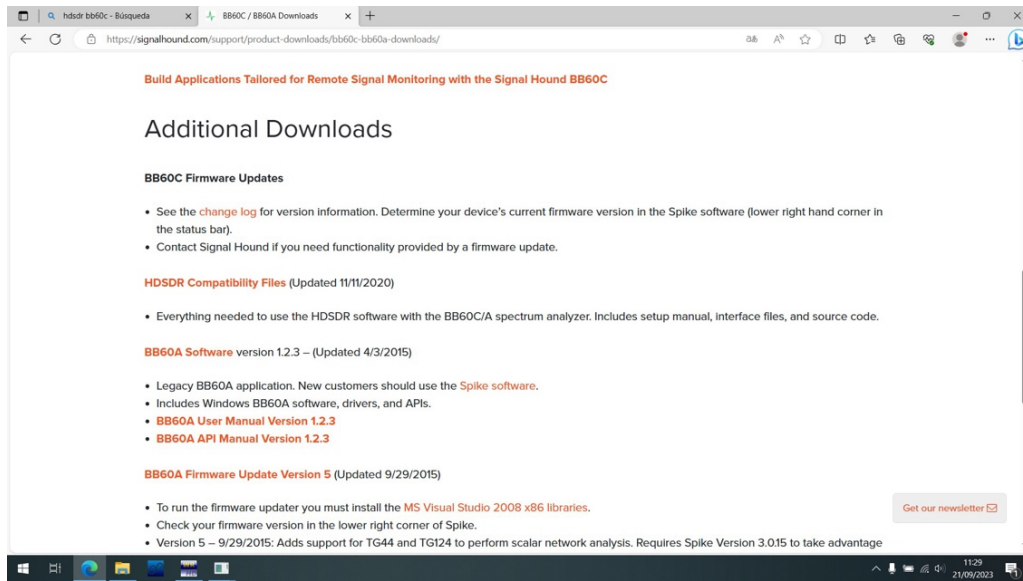


Figura 20: Captura de pantalla de la página web Signal Hound donde se encuentran los “HSDR Compatibility Files”. Fuente: Elaboración propia.

Para poder utilizarlos con el programa será necesario moverlos a la carpeta del programa HSDR. Esta carpeta se llama “HSDR-SignalHound” y dentro de ella encontraremos otra carpeta llamada “bb”, será ahí donde copiaremos los seis archivos. De esta manera, al conectar el hardware del receptor al puerto USB de nuestro ordenador, el programa HSDR lo reconocerá y podrá recibir las señales de las diferentes frecuencias. Con estos pasos, se ha llegado a la adaptación del receptor BB60C con el programa HSDR.



Figura 21: Captura de pantalla de los archivos de compatibilidad copiados en la carpeta del programa HSDR. Fuente: Elaboración propia.

Con esto ya se podría iniciar el programa e interceptar señales analógicas o señales sin codificar. Aun así, será necesario seguir con el proceso de adaptación, ya que el objetivo es utilizar este programa para Guerra Electrónica. Es decir, interceptar señales que estén codificadas.



Para ello, será necesario descargar el programa DSD+. Este programa, como se ha mencionado anteriormente se encargará de la decodificación de voz digital que permitirá escuchar señales codificadas en varios protocolos, en especial el protocolo DMR que es el que más interesa a la unidad interceptar.

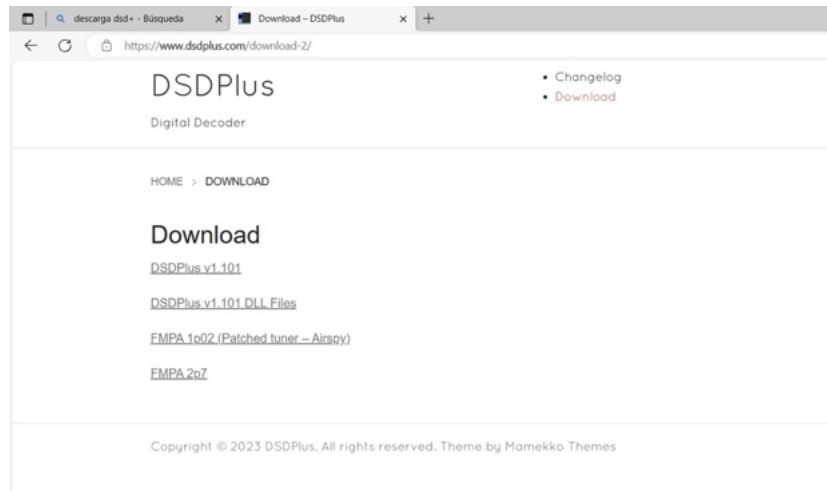


Figura 22: Captura de pantalla de la página web DSD+. Fuente: Elaboración propia.

Con estos dos programas (HSDR y DSD+) ya sería posible la búsqueda, interceptación y decodificación de las señales. Pero para ello hará falta comunicar la señal recibida al completo del HSDR al DSD+ para su decodificación. Para poder hacer esto, será necesario descargar el tercer y último programa de software libre, el Virtual Audio Cable (VAC). Este programa actuará, de manera virtual, como un cable por el interior del ordenador para conectar los dos programas.

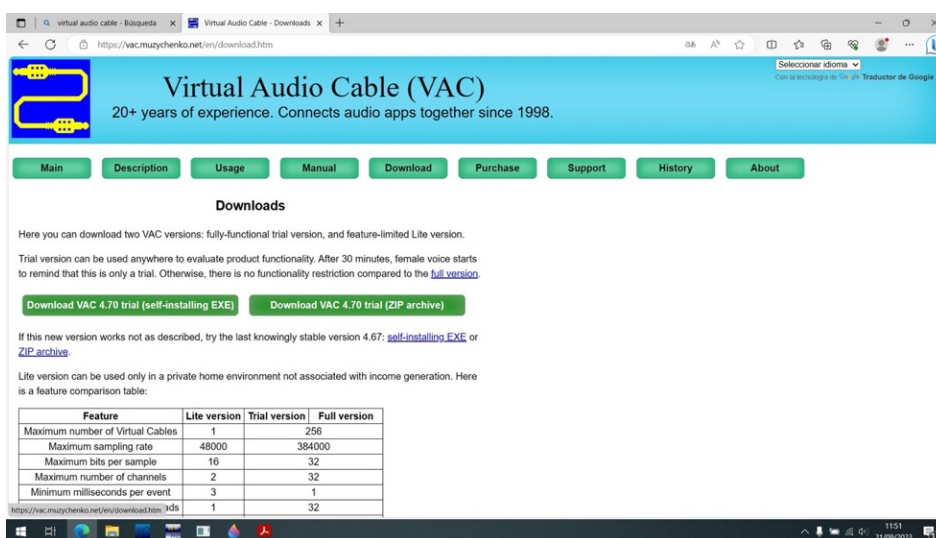


Figura 23: Captura de pantalla de la página web VAC. Fuente: Elaboración propia.



Con este programa descargado se inicia el programa DSD+ para configurar los dispositivos de entrada y salida. Siendo la entrada el VAC y la salida el propio altavoz del ordenador.

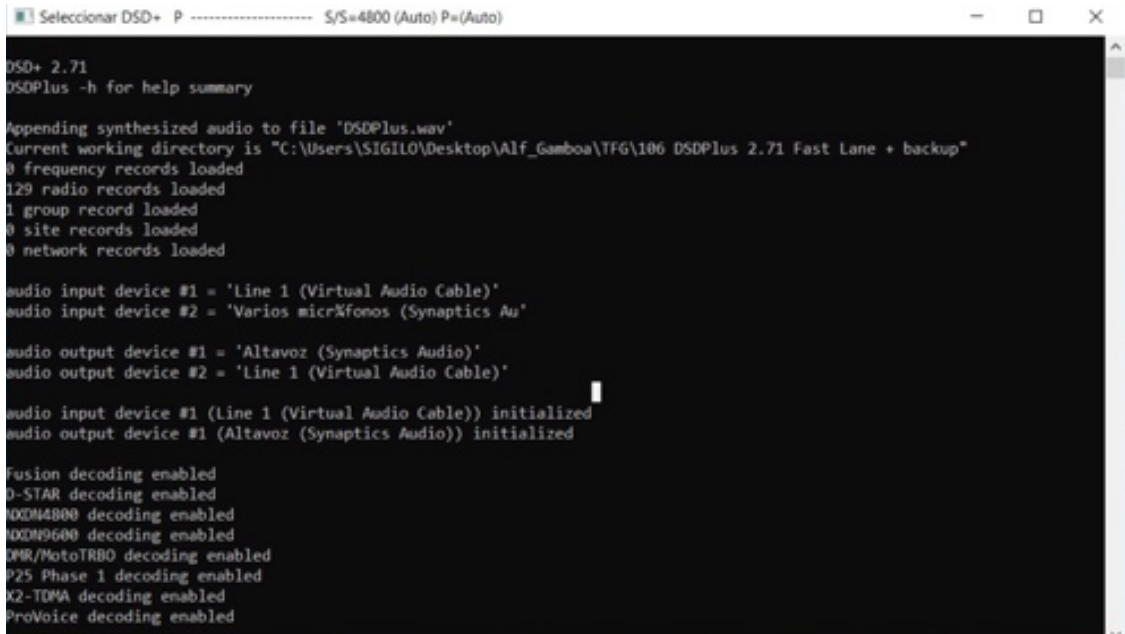
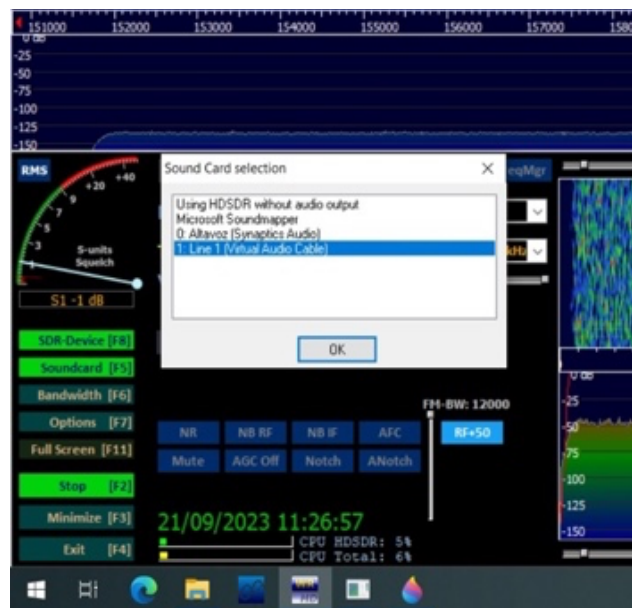


Figura 24: Captura de pantalla de la interfaz DSD+ con la configuración de los dispositivos de entrada y de salida. Fuente: Elaboración propia.



(a)



(b)

Figura 25: Captura de pantalla de la interfaz HDSDR con la configuración de (a) el dispositivo de entrada (b) el dispositivo de salida. Fuente: Elaboración propia.



Por último, se inicia y se configura el programa HSDR. Será necesario poner el receptor SDR BB60C como dispositivo de entrada (opción marcada en azul en la figura 25a) y el VAC como dispositivo de salida (opción marcada en azul en la figura 25b).

Para poder hacer grabaciones de señales con el programa HSDR se selecciona la frecuencia que se está escuchando en el espectro y se quiera grabar. Una vez elegida, se selecciona “Options” y aparecerá una pestaña en la que hay varias opciones. En esta, se selecciona “Recording Settings+Scheduler” (opción en azul en la figura 26).

En esta nueva pestaña llamada “HSDR Recording Settings and Scheduler” en la que se rellena los siguientes cuadros que aparecen en rojo en la figura x del formulario. La primera que nos aparece en la parte superior es el “Recording Directory”, en este se selecciona el lugar en el cual se quieren guardar los archivos (figura 27).

Posteriormente, en la parte baja aparece el “Recording Scheduler” que tendrá que estar marcado como “Enabled” para poder configurar el inicio y el fin de la grabación, además se comprueba que la frecuencia es la correcta. También se selecciona grabar la audio frecuencia (AF) (figura 27).

Una vez rellenado el formulario se selecciona el botón “Add Task” y se agrega la tarea al “Recording Scheduler”. De esta manera se crean las grabaciones en la carpeta que se había seleccionado en el “Recording Directory” (figura 28).

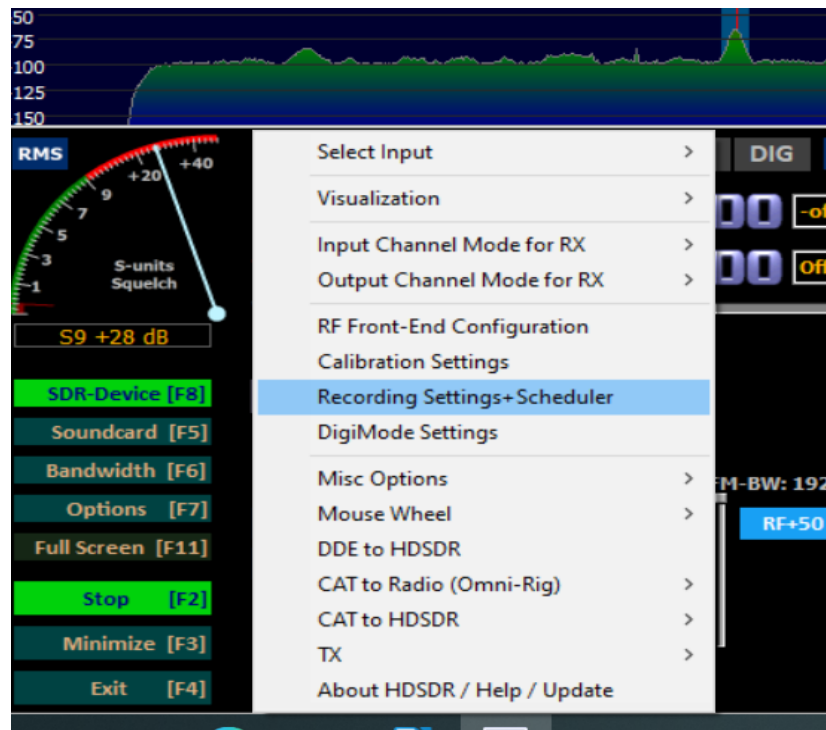


Figura 26: Captura de pantalla de la interfaz HSDR con la opción para crear una grabación.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 27: Captura de pantalla de la interfaz HSDR con el formulario relleno para crear una grabación. Fuente: Elaboración propia.

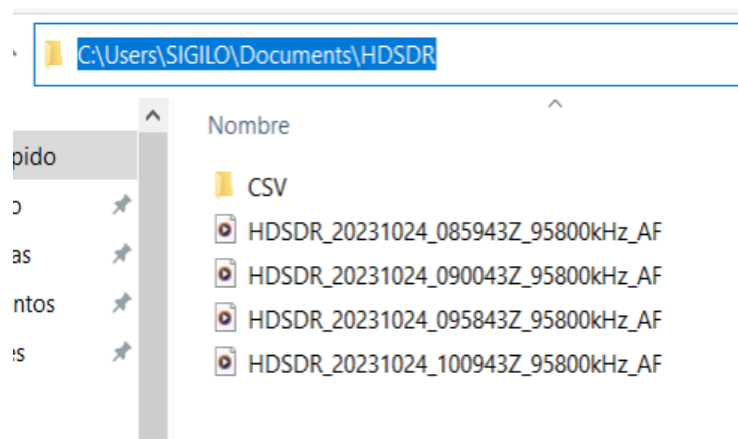


Figura 28: Captura de pantalla de la carpeta seleccionada con las grabaciones hechas. Fuente: Elaboración propia.

Habiendo seguido este proceso de adaptación, se podrían interceptar frecuencias con señales codificadas en los protocolos mencionados anteriormente por el DSD+, con los tres programas de software libre funcionando simultáneamente. Además, se podrán hacer grabaciones para su posterior difusión. Así el proceso de adaptación del receptor BB60C habría finalizado y el objetivo del presente trabajo se habría conseguido.



6. Conclusiones y futuros trabajos

Con el presente trabajo, se ha logrado adaptar el receptor SDR BB60C de la marca Signal Hound a varios programas de software libre para su uso en Guerra Electrónica. De manera que se puedan interceptar, analizar y decodificar tanto señales analógicas como digitales.

Se han realizado pruebas en el gabinete de la Compañía de Telecomunicaciones, subsanando los errores que han ido apareciendo en el desarrollo de la adaptación. Posteriormente, se han realizado pruebas y grabaciones en ejercicios reales, llevados a cabo en el campo de maniobras de San Gregorio. Por lo que podemos afirmar que esta adaptación es correcta y útil para la instrucción de los militares, así como para su empleo en escenarios hostiles si fuese necesario.

Se ha cubierto la necesidad de operar con independencia del software de pago actual en la unidad (DECODIO), por si en un futuro no se pudiese trabajar con él. Además, con esta adaptación estarían todos los receptores SDR en dotación del Ejército de Tierra capacitados para trabajar con programas de software libre, programas que se pueden programar y modificar para las distintas necesidades y distintos escenarios que puedan surgir.

A pesar de que la adaptación se ha llevado a cabo con buenos resultados, la capacidad del software libre no supera a la del programa DECODIO. Ya que, este programa está más avanzado que los programas libres analizados en este trabajo.

Gracias a las posibles opciones planteadas, podemos afirmar que la tercera es la más viable, no descartándose que las otras dos sean posibles. Esto plantea varias líneas de acción para futuros trabajos, siendo estos:

- Encontrar otro programa de software libre para Windows que pueda decodificar un mayor número de protocolos.
- Diseñar un diagrama de bloques para el programa GNU Radio con el que se pueda extraer el audio de las señales demoduladas.
- Solucionar la incompatibilidad de audio entre las máquinas físicas y virtuales.



7. Referencias Bibliográficas

- [1] "PD3-312 Guerra Electrónica." Ed. Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC)
Fecha de entrada en vigor: 3/11/2014.
- [2] Departamento de Comunicación del Ejército de Tierra, "Guerra electrónica." [En línea].
Disponible:
<https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/rew31/Organizacion/index.html>
[Consulta: 10/09/2023].
- [3] Revista Digital sobre Defensa, Armamento y Fuerzas Armadas. [En línea]. Disponible:
<https://www.revistaejercitos.com/2020/09/01/la-guerra-electronica-en-espana/>
[Consulta: 11/09/2023].
- [4] Investigar sobre la Guerra Electrónica, Universidad Dominicana O&M. [En línea].
Disponible: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-dominicana-om/contraloria/historia-guerra-electronica-instruccion-y-conclusion/40101736> [Consulta:
11/09/2023].
- [5] Onda Manía Electrónica y Telecomunicaciones Antena Diamond D3000N. [En línea].
Disponible: <https://www.ondamania.com/b2c/producto/03ph1141/1/diamond-d-3000n-antena-discono-original-para-recepcion-y-transmision> [Consulta: 20/09/2023].
- [6] Locura Digital Líderes en Radiocomunicación D3000N Diamond. [En línea]. Disponible:
https://www.locuradigital.com/antenas_escaner/d3000n_diamond.htm [Consulta:
20/09/2023].
- [7] VMWare Workstation. [En línea]. Disponible:
<https://www.vmware.com/es/products/workstation-pro/faq.html#:~:text=VMware%20Workstation%20es%20una%20línea,más%20información%20sobre%20el%20producto> [Consulta: 10/09/2023].
- [8] ¿Qué es Ubuntu y para qué sirve? GoDaddy. [En línea]. Disponible:
<https://es.godaddy.com/blog/que-es-ubuntu-y-para-que-sirve/> [Consulta: 11/09/2023].
- [9] "Adquisición e Implantación de un Sistema SDR de EW". Proyecto técnico. Autor:
Comandante de Transmisiones Don Eduardo Lobo Almazán. Hoyo de Manzanares
(Madrid). 24/03/2023.
- [10] Software Defined Radio: Basic Principles and Applications, José Raúl Machado-
Fernández. [En línea]. Disponible:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n38/v24n38a07.pdf> [Consulta: 24/09/2023].
- [11] Radios definidas por software. Sector aeroespacial | Defensa | Seguridad. Rhode &
Schwarz. [En línea]. Disponible: https://www.rohde-schwarz.com/es/productos/sector-aeroespacial-defensa-seguridad/radios-definidas-por-software_64225.html [Consulta:
24/09/2023].
- [12] ¿Qué es el cifrado de datos? Definición y explicación. Kaspersky. [En línea]. Disponible:
<https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/encryption> [Consulta:
12/09/2023].
- [13] "DMR Digital Mobile Radio. Manual práctico para la investigación de los paquetes de
datos que reportan los sistemas de transmisión DMR, su tratamiento, demodulación,



decodificación, análisis y estudio.” Autor: Rafael Ramírez Maireles. Primera Edición febrero de 2020.

- [14] “BB60C Spectrum Analyzer User Manual” Ed. Signal Hound. Publicado 24/06/2019.
- [15] Signal Hound Inc. BB60C Real-time Spectrum Analyzer (RTSA). [En línea]. Disponible: <https://signalhound.com/products/bb60c/> [Consulta: 12/09/2023].
- [16] Gqrx SDR. Open source software defined radio by Alexandru Csete OZ9AEC. [En línea]. Disponible: <https://gqrx.dk> [Consulta: 13/09/2023].
- [17] HDSDR High Definition Software Defined Radio. [En línea]. Disponible: <https://www.hdsdr.de> [Consulta: 26/09/2023].
- [18] Virtual Audio Cable (VAC). [En línea]. Disponible: <https://vac.muzychenko.net/en/> [Consulta: 26/09/2023].
- [19] Radio Definida por Software: Usando DSD+. SDR, Radio, Electrónica, Computación y cacharreo. [En línea]. Disponible: <http://www.ea4gli.com/2016/03/usando-dsd.html> [Consulta: 26/09/2023].
- [20] DSDPlus Digital Decoder. [En línea]. Disponible: <https://www.dsdplus.com> [Consulta: 28/09/2023].
- [21] Tienda Lenovo by ietres informática. [En línea]. Disponible: <https://www.tiendalenovo.es/lenovo-thinkpad-p53-20qn000dsp> [Consulta: 30/09/2023].



Anexos

Anexo I

Lista del personal entrevistado

	Puesto que desempeña	Años de experiencia	Nivel de conocimientos
Tte. Ordoñez	Jefe de sección EW	1	Básico
Sgto. Barquilla	Jefe de pelotón EW	12	Avanzado
Sgto. Becerra	Jefe de pelotón EW	1	Básico
Sgto. Martín-Albo	Jefe de pelotón EW	6	Avanzado
Sdo. Castilleja	Operador EW	4	Intermedio
Sdo. Cano	Operador EW	6	Avanzado
Sdo. Fresneda	Operador EW	3	Intermedio
Sdo. Vilar	Operador EW	2	Básico
Sdo. Zamora	Operador EW	1	Básico

Tabla 2: Lista del personal entrevistado. Fuente: Elaboración propia.



Anexo II

Respuestas a las entrevistas

¿Qué ventajas tiene el receptor BB60C con respecto a los demás receptores disponibles?

9 respuestas

Con él se puede explorar una mayor parte del espectro con una mayor tasa de muestreo

Un ancho de banda mayor

Su potencia de recepción

Un mayor ancho de banda

Las dos principales ventajas que posee este receptor con respecto al resto de receptores que poseemos son principalmente:

- Su gran ancho de banda (27MHz), muy superior al HackRF (10MHz). Esto nos proporciona una mayor visión (técnicamente sería escucha, me refiero a visualmente en el software) del espectro electromagnético, por lo tanto mayor capacidad de interceptación y mucho más cómodo para el operador.

- Su tasa de muestreo (14bits) nos proporciona una mejora sustancial en la recepción de la señal recibida, debido a que tenemos menos pérdida a la hora de digitalizar la señal y procesarla en el receptor para proporcionarnos una lectura en el software más cercana a la realidad.

Tiene un alto rango dinámico, de más de 80db. Para que pueda manejar señales débiles y fuertes al mismo tiempo,

Su ancho de banda y su tasa de muestreo, mucho mayores que el resto de receptores

Mayor tasa de muestreo y rango dinámico

Mucho mayor ancho de banda

Figura 29: Captura de pantalla de las respuestas a la primera pregunta de las entrevistas.

Fuente: Elaboración propia.



¿Piensa que será útil adaptar el receptor BB60C a un programa de software libre? ¿Por qué y qué soluciones daría?

9 respuestas

Sería un avance en tanto en cuanto permitiría explorar una mayor parte del espectro electromagnético con una mayor tasa de muestreo, pero con ello no se resolvería el verdadero problema del proyecto de SIGILO, el cual no es la manera en que se explora el espectro.

Sería muy interesante por que nos daría un ancho de banda mayor

Si sería útil ya que así se podría utilizar con un programa gratuito

Si. Se podrá explorar y visualizar un ancho de banda mayor

Será de muchísima utilidad, porque podemos aprovechar todos estos receptores con un software libre, capacidad que no poseía la sección.

Que es gratuito y modificable, no tendríamos que depender de una licencia de pago. Al ser de código libre, podríamos personalizar el código para los diferentes tipos de escenarios.

Es muy fácil de utilizar y de modificar. Nos daría soluciones en cuanto a la flexibilidad de uso de más de un programa para cada receptor y no necesitaríamos licencia por lo que no requiere coste para la unidad

La independencia de licencias, es gratuito y no tendríamos que cumplir permisos

Si, podríamos modificarlo a nuestras necesidades. Se interceptarían muchas señales pero no supera la capacidad de DECODIO. Aun así nos daría una alternativa de respaldo.

*Figura 30: Captura de pantalla de las respuestas a la segunda pregunta de las entrevistas.
Fuente: Elaboración propia.*



¿Piensa que es importante poder utilizar todos los receptores de la unidad con diferentes tipos de software? ¿Por qué?

9 respuestas

No. Da un poco igual si se usan todos los receptores o si se usan diferentes tipos de software. Lo importante es que consigamos, con el receptor que sea, o con el programa que sea, un buen producto de guerra electrónica, cosa que ahora no se consigue.

Porque nos ofrece versatilidad

No, ya que sería más difícil poder conocer a fondo un programa software

Sí. Podríamos trabajar con diferentes software comparando y complementando la información obtenida con ellos con todos los tipos de receptores de los que dispongamos.

Sí, por lo mencionado anteriormente. Si no tenemos limitaciones de compatibilidad y podemos utilizar cualquier software con todos los receptores que posee la sección, se nos abre un gran abanico de posibilidades y nuestras capacidades aumentan exponencialmente.

Si, para no depender de uno solo. Los programas cambian dependiendo de los fabricantes por lo que es mejor tener más de una opción para utilizar los receptores. Además nos da flexibilidad y adaptabilidad.

Si porque necesitamos desarrollarnos en diferentes escenarios. Tener más de un programa para cada receptor nos da la capacidad de adaptarnos a cada uno de ellos.

Si, pero por lo menos uno, actualmente el BB60C no se puede utilizar con ninguno. Solo se utiliza con DECODIO. Nos daría mas flexibilidad.

Lo ideal es que fuese todos con el mismo, pero actualmente el BB60C no tiene ninguno disponible. Por lo que aunque fuese diferente es necesario.

*Figura 31: Captura de pantalla de las respuestas a la tercera pregunta de las entrevistas.
Fuente: Elaboración propia.*



Si se adaptase, ¿considera que podría formar parte de la instrucción de la sección? ¿Por qué?

9 respuestas

Por supuesto. Al fin y al cabo sería lo mismo que utilizar el Hack RF, pero utilizando el SignalHound. La instrucción no cambiaría nada.

Aunque no se puede comparar con el software Decodio, para una persona nueva en la materia podría ayudar a comprender conceptos básicos

Si debería formar parte de la instrucción, ya que así se conocería más a fondo el funcionamiento del receptor BB60C con Sharp Trueno

Si. Podríamos trabajar con un ancho de banda mayor y con más variedad y cantidad de receptores mejorando el rendimiento.

Por supuesto. Porque antes nos veíamos obligados a utilizar otros receptores de peores prestaciones (HackRF O RTL) y no podíamos aprovechar las mejoras que posee el BB60C. De esta manera mejora la instrucción de la sección pudiendo utilizar más receptores de manera simultánea.

Si, los software libre no son difíciles de aprender a usar. Por lo tanto, no quitaría mucho tiempo de aprendizaje, la documentación no sería difícil de crear y nos abriría un abanico amplio de posibilidades de uso para las maniobras.

Si, nuestros ejercicios son reales. Nuestra instrucción en parte depende de las señales que interceptamos y como las procesamos. Cuanto mayor instruidos estemos y con el mayor número de programas mejor.

Si, podríamos hacer más ejercicios reales.

Si, de maniobras tendríamos mayor número de ejercicios cuantos más programas tengamos disponibles.

Figura 32: Captura de pantalla de las respuestas a la cuarta pregunta de las entrevistas.

Fuente: Elaboración propia.



Qué sistema operativo se adecúa más a los softwares que puedan ser compatibles con el receptor BB60C?

9 respuestas

Actualmente se utilizan todos bajo windows, pero hay mas programas de Linux que son compatibles con este receptor.

A pesar de que Linux tiene un mayor numero de programas, lo ideal seria que fuese en windows, por la facilidad de aprendizaje.

Para windows nos vendría mejor, a pesar de que existen mas archivos de compatibilidad para linux

Linux por los drivers

Windows

Linux

Linux por los programas con compatibilidad

Windows porque así no tenemos que usar maquinas virtuales

Linux aunque sea mas complicado de utilizar

*Figura 33: Captura de pantalla de las respuestas a la quinta pregunta de las entrevistas.
Fuente: Elaboración propia.*



¿Sería importante utilizar todos los receptores de la unidad bajo el mismo sistema operativo?

9 respuestas

Si para que no haya incompatibilidad con los programas y con las máquinas virtuales.

Si, no disponemos de equipos con otro sistema operativo que no sea windows.

No nos queda otra porque solo hay ordenadores con windows

Se podría adquirir otros equipos con diferentes sistemas operativos, pero tendría que estar muy justificado. Nos tendría que dar unas capacidades mucho mayores a las que tenemos. Cosa que se puede hacer con máquinas virtuales. Por lo que sería mejor tenerlo todo bajo el que tenemos actualmente.

Si por facilidad de medios

Solo tenemos equipos windows

S

No hay otra opción. Solo tenemos ordenadores Windows.

Si aunque se podría pedir otros equipos de diferentes sistemas operativos

*Figura 34: Captura de pantalla de las respuestas a la última pregunta de las entrevistas.
Fuente: Elaboración propia.*