



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

PROYECTO TÉCNICO:

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE BANDA 4 (1700/2100 MHZ) A TRAVÉS
DE RADIO DEFINIDO POR LABVIEW**

AUTOR:

SIXTO OSCAR PONCE RODRIGUEZ

TUTOR:

ING. CARLOS PEREZ MALDONADO

GUAYAQUIL - ECUADOR

2019

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Ponce Rodríguez Sixto Oscar estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana certifico que los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de los autores y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre del 2019

(f) _____
Ponce Rodríguez Sixto Oscar
C.I. 0921974697

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ponce Rodríguez Sixto Ponce con documento de identificación N° 0921974697, manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Politécnica Salesiana los derechos patrimoniales en calidad de autores del proyecto de titulación titulado “DISEÑO DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE BANDA 4 (1700/2100 MHZ) A TRÁVES DE RADIO DEFINIDO POR LABVIEW”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico con énfasis en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en la condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre del 2019

(f) _____
Ponce Rodríguez Sixto Oscar
C.I. 0921974697

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente doy a conocer que el Proyecto de titulación “DISEÑO DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE BANDA 4 (1700/2100 MHZ) A TRÁVES DE RADIO DEFINIDO POR LABVIEW” presentado el sr. Ponce Rodríguez Sixto Oscar para optar por el título de Ingeniero Electrónico con mención en Telecomunicaciones, se ajusta a las normas establecidas por la Universidad Politécnica Salesiana, por tanto, autorizo su presentación ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, septiembre del 2019

(f) _____
Ing. Carlos Pérez
DIRECTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ponce Rodríguez Sixto Oscar con documento de identificación N° 0921974697, estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana con sede Guayaquil, declaro que la responsabilidad de contenido de este proyecto de titulación corresponde exclusivamente y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre del 2019

(f) _____
Ponce Rodríguez Sixto Oscar
C.I. 0921974697

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios y a mis Padres por darme la vida y por brindarme su apoyo en toda mi vida estudiantil, a mi familia con quienes comparto este triunfo de los cuales siempre escuche palabras de aliento, a mi enamorada Taty quien ha estado siempre a mi lado, quien me ha dado las fuerzas necesarias para cumplir mi meta, a mi segunda familia que me han acogido y brindado su apoyo incondicional. A mis profesores por inculcarme cada uno de sus conocimientos y formarme como un gran profesional.

Ponce Rodríguez Sixto Oscar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, en la cual he aprendido de los buenos y malos momentos, los mismos que me han forjado a nivel personal, familiar y profesional.

A mi madre Rosa Rodríguez Briones quien ya no está con nosotros y ha sido no uno si no todas los pilares fundamentales y a quien le dedico cada uno de mis logros, hoy en este día tan especial sé que me sonríes desde el cielo.

A mi Padre Sixto Ponce Pinargote quien me ha dado todo su apoyo incondicional en mi carrera, y a lo largo de mi vida siempre ha estado ahí para ayudarme.

A mis familiares tías, tíos, primas y primos en general por sus palabras de superación, en especial a mi prima Diana Quinde por acompañarme, por sus consejos y su ayuda para que siga estudiando.

A mis amigos de toda la vida que se han convertido en mis hermanos a los Ingenieros George Ascencio, Kleber León, Giuseppe Castro, Álvaro Muñoz los cuales me han enseñado que la amistad es lealtad, confianza y respeto.

Adicional a mis amigos María Rugel, Jorge Saltos, José Saldarriaga, Richard Domínguez, Christian Alvarado, María Fernanda Rodríguez y los cuales compartieron toda mi carrera universitaria en diferentes etapas, el camino nos fue largo y difícil pero hoy en día alcanzamos la meta.

Agradezco a Marilyn Gaona, Lourdes Carpio y Gerardo Gaona, por darme el empuje para continuar y a la Ing. Tatiana Gaona Carpio gracias por enseñarme que el cansancio solo te da el ánimo para continuar y gracias por tu amor incondicional

Ponce Rodríguez Sixto Oscar

RESUMEN

AÑO	ALUMNO	TUTOR DE PROYECTO DE TITULACION	TEMA DE PROYECTO DE TITULACION
2017	PONCE RODRIGUEZ SIXTO OSCAR	ING. CARLOS PEREZ	DISEÑO DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE BANDA 4 (1700/2100 MHz) A TRAVÉS DE RADIO DEFINIDO POR LABVIEW

El presente prototipo de inhibidor de banda 4 permite el desarrollo de prácticas con la tecnología LTE o 4G de la telefonía celular con el fin de dar una mayor proyección didáctica a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, mediante los parámetros establecidos por la ARCOTEL. Se usará los elementos que podemos encontrar en el Laboratorio de telecomunicaciones tales como el equipo NI-USRP-2920, software LabVIEW y una antena.

El proyecto cuenta con un diseño en LabVIEW el cual permitirá a los estudiantes aprender, comprender y analizar mediante la práctica, como inhibir las señales en Banda 4 que corresponden a las frecuencias de entre los 1700 Mhz a los 2100 Mhz,, los tipos de modulación/demodulación, envío de paquetes de datos, etc.

Mediante este proyecto se podrá dar paso a que los estudiantes se interesen en aplicar los conocimientos aprendidos y poder ampliar el campo de investigación en esta tecnología.

PALABRAS CLAVES: LabView, NI-USRP, BANDA 4, Inhibidor, Telecomunicaciones, Antenas, Algoritmo, Espectro Radio Eléctrico

ABREVIATURAS.

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AWS	Banda de Frecuencia de 1700Mhz y 2100Mhz
COTS	Commercial Off-The-Shelf
FDD	Frequency División Duplexing
FTTH	Fiber To The Home
GSM	Global System for Mobile
HSPA	High-Speed Packet Access
LTE	Long Term Evolution
MHz	Mega Hertzios
MIMO	Multiple Inputs – Multiple Outputs
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
PSK	Phase Shift Keying
SC-FDMA	Single Carrier-Frecuency Division Multiple Access
SMS	Short Message Service
TDD	Test-driven development
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USRP	Universal Software Radio Peripheral
VI	Virtual Instruments

ABSTRACT

YEAR	STUDENT	DIRECTOR OF TECHNICAL PROJECT	TECHNICAL PROJECT THEME
2017	SIXTO OSCAR PONCE RODRIGUEZ	ENG. CARLOS PEREZ	DISEÑO DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE BANDA 4 (1700/2100 MHz) A TRAVÉS DE RADIO DEFINIDO POR LABVIEW

The present prototype of band 4 inhibitor allows the development of practices with the LTE or 4G technology of cellular telephony in order to give a greater didactic projection to the students of the engineering task in telecommunications, through the parameters established by the ARCOTEL. It will use the elements that can be found in the Telecommunications Laboratory, which is called NI-USRP-2920, LabVIEW software and an antenna.

The project has a design in LabVIEW, which will allow students to learn, understand and analyze through practice, how to inhibit the signals in band 4, the range of frequencies in which it is located, the types of modulation / demodulation, sending packages of data, etc.

Through this project, it will be possible for students to take an interest in applying the knowledge learned and to expand the field of research in this technology.

KEY WORDS: LabVIEW, NI -USRP, BANDA 4, Inhibitor, Telecommunications, Antennas, Algoritmo, Espectro Radio Electrico

ABREVIATURAS.

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AWS	Banda de Frecuencia de 1700Mhz y 2100Mhz
COTS	Commercial Off-The-Shelf
FDD	Frequency División Duplexing
FTTH	Fiber To The Home
GSM	Global System for Mobile
HSPA	High-Speed Packet Access
LTE	Long Term Evolution
MHz	Mega Hertzios
MIMO	Multiple Inputs – Multiple Outputs
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
PSK	Phase Shift Keying
SC-FDMA	Single Carrier-Frecuency Division Multiple Access
SMS	Short Message Service
TDD	Test-driven development
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USRP	Universal Software Radio Peripheral
VI	Virtual Instruments

INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	VIII
ABREVIATURAS.....	IX
ABSTRACT	X
ABREVIATURAS.....	XI
INDICE GENERAL.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE TABLAS	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
1 Problema	1
1.1 Planteamiento del problema (Antecedentes).....	1
1.2 Delimitación.....	1
1.2.1 Temporal.....	1
1.2.2 Espacial	1
1.2.3 Académica.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivos generales	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación.....	2
1.5 Hipótesis	3
1.6 Metodología.....	3
1.6.1 Métodos de investigación.	3
1.6.2 Método experimental	3
1.6.3 Método deductivo	3
1.7 Técnica.	3
1.7.1 Técnica de campo.....	4
1.7.2 Técnica documental.....	4

1.7.3	Instrumentos de investigación y recolección de datos	4
1.8	Descripción de la propuesta	4
1.9	Beneficiarios.....	5
1.10	Impacto	5
2	Marco teórico	6
2.1	Tecnología UMTS	6
2.2	Tecnología LTE	7
2.3	Banda 4 (1700 MHz-2100 MHz)	8
2.3.1	Características	8
2.4	OFDMA/SC-FDMA.....	10
2.5	MIMO (Multiple Input Multiple Out).....	10
2.6	Modulación	11
2.6.1	Modulación Analógica.....	12
2.6.2	Modulación Digital.....	12
2.7	Radio digital.....	13
2.8	Modulación por desplazamiento por fase (PSK).....	15
2.9	Modulación por desplazamiento binario de fase BPSK	16
2.10	Modulación por desplazamiento cuaternario de fase QPSK	17
2.11	Sistema de Inhibición.....	19
2.11.1	Definición de inhibidor de señal	19
2.11.2	Técnicas de inhibición	20
2.11.3	Inhibición por ruido	20
2.11.4	Inhibición por ruido de banda ancha o banda completa	20
2.11.5	Inhibición por ruido de banda parcial	21
2.11.6	Inhibición por ruido de banda angosta.....	21
2.11.7	Inhibición por tonos.....	21
2.11.8	Inhibición por pulsos	21
2.11.9	Inhibición por barrido	22
2.11.10	Inhibición por seguimiento	22
2.11.11	Inhibición por inteligencia.....	22
2.11.12	Características de un inhibidor comercial.....	23
3	Marco metodológico.....	24
3.1	Diseño del prototipo.....	24
3.1.1	Verificación de portadoras	24
3.1.2	Hardware requerido	25

3.1.3	INTEL NUC 8i3BEH MINI PC.....	26
3.1.4	NI USRP 2920 de National Instruments	27
3.1.5	Amplificador de alta potencia	29
3.1.6	Pantalla de 7 pulgadas HDMI LCD (C)	30
3.1.7	Diagrama de bloques.....	31
3.1.8	Diseño en el software LabView.....	32
3.1.9	Conexión por cable de red entre computador y USRP 2920.	35
4	Propuesta	39
4.1	Desarrollo Del Prototipo Inhibidor De Banda 4 En Laboratorio.	39
4.1.1	Equipos y Materiales:	39
4.1.2	Indicaciones para ensamblado	40
	Resultados	57
4.2	Prueba No. 1	57
4.2.1	Resultados de prueba 1 Inhibición de banda 4 operadora CNT 1720Mhz - 2120Mhz.	61
4.3	Prueba No. 2	62
4.3.1	Resultados de Prueba 2 inhibición de band 4 operadora CLARO 1740Mhz – 2140Mhz.....	66
	Conclusiones.....	67
	Recomendaciones	68
	Referencias	70
	Anexos	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de transmisión MIMO 2x2 [9]	9
Figura 2: Modulación Digital [9]	12
Figura 3: Sistema digital de radio [19]	14
Figura 4: Diagrama de bloques de un Sistema digital de radio [19]	14
Figura 5: Modulación PSK [21].	15
Figura 6: Diagrama de transmisor BPSK [22] [23].....	17
Figura 7: diagrama de bloques del modulador QPSK.....	18
Figura 8: TS9737 Bloqueador 75 watt celular 4G high performance - inhibidor comercial). [33]	23
Figura 9: INTEL NUC 8i3BEH MINI PC [9]	27
Figura 10: NI USRP 2920 de National Instruments [36]	28
Figura 11: Amplificador de alta potencia de transmisión [37].....	30
Figura 12: Pantalla LCD 7 pulgadas [38].....	31
Figura 13: Diagrama de Bloques del inhibidor de banda 4 [9].....	32
Figura 14: Ventana de inicio del Software LabView 2018 [9].....	33
Figura 15: niUSRO Open Tx Session VI [9].....	33
Figura 16: Control Device Name VI [9]	34
Figura 17: Control Device Name VI Front Panel [9]	34
Figura 18: Property Node [9]	34
Figura 19: Panel de control del Inhibidor de banda 4 [9]	35
Figura 20: Propiedades de conexión de la red local [9].....	36
Figura 21: Configuración general de IPv4 [9]	37
Figura 22: NI-USRP Configuration Utility [9].....	38
Figura 23: USRP 2920 Conexión [9].....	40
Figura 24: Centro de redes y recursos compartidos de Windows [9]	41
Figura 25: Propiedades de protocolo de internet versión 4 de Windows [9]	42
Figura 26: Conexiones del USRP 2920 [36].....	42
Figura 27: NI-USRP Configuration Utility [9].....	43
Figura 28: Conexión del amplificador de potencia [39]	44
Figura 29: VI JAMMER parámetros de configuración [9].....	45
Figura 30: Presentación de las dos ventanas de LabView [9]	46
Figura 31: Programa del VI en Diagrama de bloques parte 1 [9]	47
Figura 32: Programa del VI en Diagrama de bloques parte 2 [9]	48
Figura 33: Parámetros de configuración del USRP 2920 [9]	49
Figura 34: Datos de Muestra [9]	50
Figura 35: Filtro de parámetros de modulación PSK [9].....	51
Figura 36: Parámetros del sistema en QPSK [9]	51
Figura 37: Muestra por símbolo [9]	52
Figura 38: Programación por Bloques [9].....	53
Figura 39: Configuración de Parámetro QPSK [9].....	53
Figura 40: niUSRP Configure Signal.vi [9]	54
Figura 41: MT Generate System Parameters.vi [9]	54
Figura 42: niUSRP Write Tx Data [9]	55
Figura 43: Mt Format Constellation.vi [9].....	56
Figura 44: niUSRP Close Session VI [9]	56
Figura 45: Constelación de la señal transmitida. [9].....	56

Figura 46: VI Jammer LTE operativo en frecuencia 2120 Mhz [39].....	57
Figura 47: Chip CNT LTE. [39].....	57
Figura 48: Visualización de App LTE Discovery. [39].....	58
Figura 49: Activación del GPS del Celular. [39]	59
Figura 50: Visualización del App LTE Discovery de Portadora de CNT en banda 4. [39]	60
Figura 51: Visualización del App LTE Discovery en Portadora de CNT en banda 2. [39]	61
Figura 52: VI Jammer LTE operativo en frecuencia 2140 Mhz. [39].....	62
Figura 53: Chip CLARO LTE. [39].....	62
Figura 54: Visualización de App LTE Discovery. [39].....	63
Figura 55: Activación del GPS del Celular. [39]	64
Figura 56: Visualización del App LTE Discovery de Portadora de CLARO en banda 4. [39].....	65
Figura 57: Visualización del App LTE Discovery en Portadora de CLARO en banda 2. [39].....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características Técnicas de TS9737 - inhibidor comercial [33]	24
Tabla 2: Bandas de frecuencia E-UTRAN [34].....	25
Tabla 3: Especificaciones del Intel NUC 8i3BEH [35]	26
Tabla 4: Especificaciones del equipo USRP 2920 en transmisión [36].....	28
Tabla 5: Especificaciones del equipo USRP 2920 en Recepción [36]	29
Tabla 6: Especificaciones del amplificador [37]	30

INTRODUCCIÓN

El presente prototipo se basa en el diseño de un inhibidor de banda 4 (1700/2100 MHz) a través de radio definido por LabView, mediante el equipo NI-USRP2920 desarrollando todas las etapas del proceso, tanto a nivel de hardware como a nivel de software, necesarias para su funcionamiento.

El proyecto está enfocado en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

El objetivo primordial se convierta en una herramienta didáctica de apoyo para la enseñanza e ilustración de los alumnos, de esta manera, se mantendrán actualizados en la tecnología de banda 4, tanto de forma teórica como práctica.

Para ello se realizan prácticas en las cuales se explica el proceso paso a paso de las diferentes aplicaciones que tiene el inhibidor de señal, beneficiando a los estudiantes el aprendizaje del espectro radioeléctrico desde los 1700MHz hasta los 2100 MHz.

En el Capítulo 1 se detalla los hechos preliminares tales como el planteamiento del problema, objetivos, metodologías, población y muestra, entre otros.

En el Capítulo 2 se describe el marco teórico donde se detallan los conceptos generales y características de todos los elementos que se utilizaron en el desarrollo del proyecto NI-USRP y el Software LabVIEW.

En el Capítulo 3 se prepara el estudio y elaboración del proyecto, explicación paso a paso de las interfaces desarrolladas en el software LabVIEW.

En el Capítulo 4 se presenta el algoritmo realizado con el Software LabView, las conclusiones y recomendaciones

1 Problema

1.1 Planteamiento del problema (Antecedentes).

Se determina que en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil; los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones carecen de un prototipo inhibidor de banda 4 en el laboratorio de Telecomunicaciones, el cual permita poner en práctica lo aprendido en teoría, desarrollando el aprendizaje de esta tecnología.

Se determina la implementación de un sistema inhibidor de banda 4 en el Laboratorio de Telecomunicaciones, proporcionando una herramienta que beneficie el aprendizaje de los estudiantes en el espectro radioeléctrico desde los 1700 Mhz hasta los 2100 Mhz, rango que será utilizado para el estudio de este proyecto, se escogió este rango debido a que, es parte del espectro radioeléctrico en que trabaja la tecnología LTE.

1.2 Delimitación

1.2.1 Temporal

La implementación de este proyecto se realizó entre septiembre del 2017 y Agosto del 2019

1.2.2 Espacial

El proyecto está dirigido a ser una herramienta de aprendizaje y práctica en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.2.3 Académica

El proyecto está limitado a trabajar con el sistema de radiofrecuencia del equipo USRP de la marca National Instruments.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

Diseñar un prototipo inhibidor de banda 4 (1700/2100 Mhz) usando LabView y radio definida por software, para beneficiar el aprendizaje de los futuros ingenieros de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones sede Guayaquil.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudiar el funcionamiento del equipo USRP 2920 tanto en frecuencia de TRX como en potencia en TRX
- Desarrollar el algoritmo en LabView con sus herramientas para realizar el proyecto propuesto.
- Realizar pruebas respectivas de la interfaz entre el equipo y el software del laboratorio
- Monitorear que no exista conexión alguna en la banda 4.
- Instalar satisfactoriamente el inhibidor en el laboratorio de telecomunicaciones, y lograr con éxito la inhibición de los canales de la banda 4

1.4 Justificación

La tecnología LTE cuya frecuencia en banda 4 es la parte del espacio radio eléctrico en la cual se usa para enviar información con una mayor velocidad y eficacia, debido a que se encuentra en el rango de los MHz.

El proyecto técnico representará un aporte a la comprensión de conceptos e investigación de la tecnología de banda 4, actualmente esta tecnología es la que se ha estado desarrollando en el medio.

La importancia del proyecto es cubrir el conocimiento de los alumnos de la tecnología mencionada mediante prácticas e investigaciones.

1.5 Hipótesis

Mediante la implementación de este proyecto a nivel de Telecomunicaciones, se tendrá un aporte significativo para mejorar el desarrollo del estudio y la enseñanza de esta tecnología.

Además, este proyecto será utilizado como una herramienta que permitirá, a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, desarrollar prácticas de una forma dinámica, con el fin de que los alumnos comprendan y entiendan que dentro de la banda que se estudia se puede seleccionar los canales que se modulan en diferentes frecuencias y amplitud de onda.

1.6 Metodología

1.6.1 Métodos de investigación.

Para la implementación y desarrollo de este proyecto se ha seleccionado del abanico que ofrece la investigación los siguientes métodos, con el objetivo de obtener la mejor metodología para el trabajo propuesto, tales como:

1.6.2 Método experimental

Se tomó el método Experimental al realizar pruebas de inhibición de las señales, mediante el equipo NI USRP 2920, procesando los niveles de inhibición para bloquear las señales enviadas.

1.6.3 Método deductivo

1.7 Técnica.

Con lo anteriormente expuesto, a continuación se detalla las técnicas utilizadas durante el transcurso del proyecto de graduación, tales como:

1.7.1 Técnica de campo

Por medio de la implementación práctica en un espacio definido en el aula o laboratorio del sistema implementado con el equipo USRP 2920 para la transmisión y recepción de los diferentes parámetros y señales.

1.7.2 Técnica documental.

Mediante la investigación y recopilación de información de diferentes fuentes primarias y secundarias que aportaron con los conocimientos en telecomunicaciones y las diversas áreas vinculadas. De esta forma se establecerá el nivel de inhibición de la banda 4 en la cual se está realizando este tema.

1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos

Para el desarrollo del proyecto se emplearon varios instrumentos que permitió acceder a los valores acertados para el correcto desempeño en la banda 4, siendo esta parte fundamental para la investigación del esquema planteado.

Los instrumentos para la recopilación de datos que ayudaron con la investigación fueron los siguientes:

- Artículos científicos
- Experimentación con el equipo NI-USRP 2920
- Tabla de frecuencias para el funcionamiento adecuado del NI-USRP 2920 en banda 4

1.8 Descripción de la propuesta

Diseñar un prototipo el cual permita realizar la inhibición de frecuencias desde los 1700 MHz hasta los 2100 MHz, que se encuentre en la banda 4, se implementará este proyecto con el equipo NI USRP, el mismo que es fabricado por la empresa National Instruments y software LabVIEW que desarrolla el algoritmo.

El desarrollo de este algoritmo lo podrán visualizar los estudiantes para realizar el análisis y aprendizaje por medio de la práctica, de cómo se realiza el envío de la señal RF en diferentes modulaciones/demodulaciones y de cómo poder mostrar otra aplicación que se puede implementar con el USRP y el Software LabVIEW.

1.9 Beneficiarios.

Una vez finalizada la investigación pertinente del espectro radioeléctrico y elaborar el algoritmo que permita desarrollar el prototipo adecuadamente, ayudará para el aprendizaje de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

1.10 Impacto

En el medio en el que se encuentran los estudiantes e individuos interesados en el tema, las investigaciones y desarrollo de proyectos se han vuelto un medio para dar a conocer y alcanzar tecnologías a nuevos y diversos niveles, por lo cual, se tiene un motivo importante para generar este proyecto, puesto que da un impulso adicional a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

2 Marco teórico

2.1 Tecnología UMTS

Se ha desarrollado por parte del Instituto de estandarización de telecomunicaciones europeo, por sus siglas en inglés ETSI, un conjunto de estándares para el mercado global, denominado Sistema Universal de Telecomunicaciones para Móviles, UMTS por sus siglas en inglés Universal Mobile Telecommunications System. El cual es parte de la tercera generación de comunicaciones a nivel global, en el cual se añaden características nuevas y siendo la evolución de tecnologías utilizadas en sistemas globales tales como: GSM y Integrated Services Digital Networks ISDN [1].

Esta tecnología ofrece a los usuarios un conjunto de servicios que han evolucionado con la finalidad de que ofrezca a una conexión a internet con medios y herramientas multimedia. Esta tecnología es adecuada para los usuarios de todo tipo, así como también para los diversos servicios que existen, entre sus ventajas se tiene: [2].

- a) Facilidad de uso
- b) Costos bajos
- c) Nuevos y mejores servicios
- d) Transmisión de paquetes de datos a pedido
- e) Velocidad de transferencia de datos a pedido
- f) Entorno de servicios amigables y consistente
- g) Antecedentes de UMTS: generaciones pasadas

El éxito de esta tecnología está basado en la arquitectura que la compone, la cual es: red de telecomunicaciones y red de gestión. La primera etapa de esta arquitectura está encargada en la separación de toda la información en los extremos de la conexión, mientras que la segunda se basa en la gestión que tiene como objetivo llevar la información de los medios necesarios para llevar a cabo el registro, la imposición de tarifas, seguridad de dicha información, operar los puntos y elementos de la red y la facturación de los usuarios que utilicen la red. Dando lugar a un correcto funcionamiento en caso de tener un periodo extenso de desconexión o apagado en algunos de sus puntos o elementos [2].

2.2 Tecnología LTE

A partir de la comercialización de la tecnología de banda ancha basada en OFDM, se ha lanzado la tecnología LTE, la cual principalmente está desplegada en diseños macro/micro celdas. La cual proporciona una mejora en cobertura y capacidad, como de una tasa alta de información, baja latencia, una flexible operación de banda ancha y una integración con sistemas existentes [3].

Con la continua evolución de la tecnología y la demanda que exigen los clientes con los servicios proporcionados por las telefónicas, se hace imprescindible a las empresas buscar nuevas medidas según la demanda que exista junto a la densidad poblacional del sector, de allí surge la nueva tecnología con varias ventajas que permiten afrontar estos obstáculos con la estrategia del 4G [4].

Esta nueva tecnología, se ha basado en el cumplimiento de los requerimientos exigidos por IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications-Advanced), requerimientos estandarizados por la UIT: IEEE 802.16m y LTE Advanced [5].

La mejoría que tiene esta nueva tecnología que se está presentando con la LTE, es la posibilidad de utilizar portadoras hasta un máximo de 100 MHz cuando el espectro continuo se halle ausente, con el uso de la tecnología MIMO (Multiple-input, Multiple output) que contiene múltiples antenas para transmitir diversos flujos de datos con una transmisión simultánea por múltiples celdas. Esto permite que la experiencia del usuario sea más satisfactoria, puesto que aumenta sus picos de velocidad que se encuentren habilitados [5].

Además, se conoce que se considera a LTE ALL-IP standard technology, con una velocidad mucho mayor frente a sus competidores de uplink como de downlink, ofreciendo una menor latencia y un alcance mucho más amplio, lo que habilita a los dispositivos móviles tener enlaces de videos de alta calidad. A esto, se le añade la ventaja de que el usuario pueda hacer el cambio de ciertos componentes sustituyéndolos por COTS, construyendo y dando lugar a una infraestructura más barata [6].

2.3 Banda 4 (1700 MHz-2100 MHz)

Los países están implementando la estrategia de hacer uso del dividendo digital con la finalidad de universalizar internet, y dar lugar al denominado apagón analógico, por medio del uso de herramientas digitales, lo que permite una notable mejora en la señal con un cambio sustancial positivo en la resolución [7].

Para el año 2014, en América Latina, países como: Panamá, Ecuador, Brasil, Bolivia, Chile, Argentina, entre otros. Dieron lugar a este cambio de paradigmas por las ventajas que conllevan, tales como [7]:

- Acoplamiento de dos ecosistemas con redes comerciales que permiten economías a escala como roaming, con tecnologías como: HSPA y LTE.
- La banda AWS que se encuentra en las frecuencias de 1700Mhz y 2100Mhz, tiene la gran ventaja de tener una frecuencia mucho menor que la característica de 2600 MHz lo que permite tener una cobertura aún mayor.
- 700 MHz es una banda usada popularmente en la región.
- Tiene un beneficio significativo en costos y despliegue.

En este rango de frecuencia se trabaja lo que es telefonía móvil, en particular LTE en el país, la infraestructura de red que utiliza como base es el protocolo de internet (IP), pero en cuanto a la transferencia de datos, se asemeja a las redes fijas ADSL y FTTH [8].

Cuando se refiere al tema de banda 4, queremos decir sobre la tecnología LTE (Long Term Evolution), la cual es un estándar de comunicaciones móviles desarrolladas por la 3GPP, esta asociación desarrolló y mantiene las tecnologías GSM y UMTS [8].

2.3.1 Características

En banda 4 tenemos las siguientes principales características, las cuales son:

La alta tasa de bits en descarga en las cuales son cerca de 173 Mbps de bajada y 86 Mbps de subida, en los valores de latencia son muy bajos desde 10ms.

En banda 4 (LTE) es una red mucho más fácil de desplegar, ya que solo utiliza conmutación de paquetes al realizar esto hace que las operadoras propongan tarifas planas para la voz y/o datos, ya que anteriormente se utilizaba la conmutación de circuitos como lo hacen SMS o llamadas a la antigua, que para realizar dichas acciones lo realiza la tecnología GSM.

En esta banda se pensó evitar la fragmentación de los terminales a nivel mundial, esto ocurre por el tipo de duplexación, ya que es compatible con los estándares FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex).

En la banda 4 se permite la transmisión de datos vía inalámbrica mediante el acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), que va de punto a multipunto para acceso a internet para los diferentes equipos ya sean móviles o fijos.

Usan tecnología MIMO con su siglas en inglés (Multiple Input Multiple Output), en esta tecnología consiste en múltiples antenas para reducir los errores de datos y favorecer la velocidad.

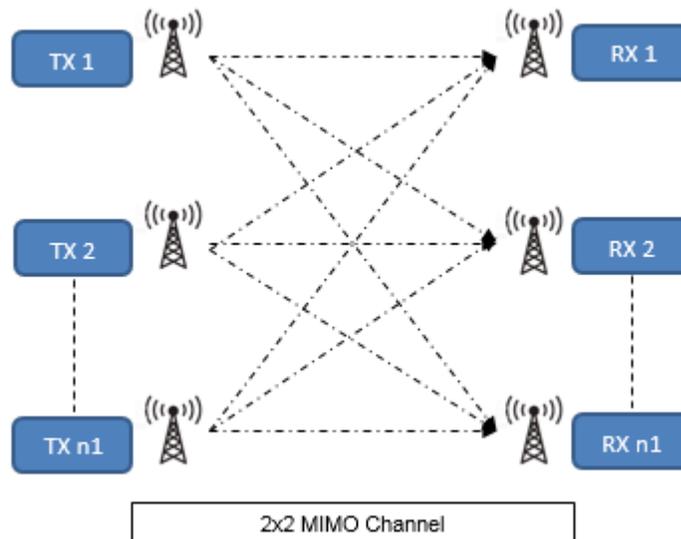


Figura 1: Ejemplo de transmisión MIMO 2x2 [9]

2.4 OFDMA/SC-FDMA

Este concepto está basado en una técnica que habilita un acceso variado y diverso de modo simultáneo, a un número exacto de usuarios o individuos conectados que hacen uso del mismo medio, tanto para enviar como para recibir información, con lo cual se comparte la capacidad de los enlaces de comunicación. Este sistema está basado en la multiplexación de los individuos, la cual se lleva a cabo mediante la capa física del sistema de comunicaciones haciendo uso de Media Access Control, por sus siglas en inglés MAC, el cual es un protocolo de acceso múltiple [10].

El sistema mediante la multiplexación de sub-portadoras aumenta la flexibilidad de los accesos de los usuarios. Los enlaces de accesos se difieren en downlink y uplink, OFDMA se la utiliza para realizar los downlink, la subdivisión del ancho de banda hace que sea posible que el receptor de banda base sea en baja complejidad, además de los subcanales se pueden asignar a usuarios distintos, se produce un ahorro de ancho de banda debido a la reutilización de las frecuencias, mientras que SC-FDMA (Single Carrier-Frecuency Division Multiple Access) se la utiliza para realizar los uplink, además realiza la misma acción de dividir el ancho de banda a diferencia que lo hace de manera independiente por la subportadora [10].

2.5 MIMO (Multiple Input Multiple Out)

Esta tecnología no utiliza de cables, mediante el uso múltiples transmisores y receptores para transmitir y recibir información de un modo simultáneo. MIMO se basa en el fenómeno de ondas de radio que tiene diversos caminos para que la información efectúe el rebote en las paredes o en objetos contundentes, alcanzando a la antena de múltiples maneras en diversos instantes [11].

En esta tecnología se utilizan antenas múltiples, esto causa una complejidad al momento de diferenciar las señales recibidas, para darle solución a este pequeño problema se utiliza matrices de antenas 2x2, 4x2 o 4x4, además se necesita que exista la misma configuración en ambos extremos para no crear conflictos y esto causará que baje la transmisión de datos al número equivalente de antena más baja que tenga la configuración [12].

La tasa elevada en la transmisión de datos se divide en múltiples tramas más reducidas, las mismas se modulan y transmiten a través de una antena diferente en un momento determinado, el resto de las antenas utilizan la misma frecuencia de canal [11] [12].

2.6 Modulación

La definición de modulación hace referencia a la transmisión de señales considerando la frecuencia que se necesita o se desea, con la propiedad de variar la señal a través de una modulación de modo proporcional en función a la información que se desea transmitir [13].

Esta técnica en suma, se encarga de tomar la información original y transmitirla a un modo más favorecedor, lo cual se ejecuta desde el modulador y con el detector se hace la respectiva demodulación con el fin de tener el mensaje o la información original [14].

La onda portadora tiene tres aristas que se deben considerar: amplitud, frecuencia y fase (ángulo). Existen dos variaciones de técnicas de modulación, las cuales son: analógica y digital. Para el presente trabajo, la metodología se enfocará más en la modulación digital [15].

Hay varias razones por las cuales se hacen las modulaciones como son las siguientes:

- Reduce la dimensión de las antenas
- Impide interferencia entre canales
- Disminuye las degradaciones por ruido y provoca que la información sea más segura
- Organiza el radioespectro, realizando una mejor distribución de canales a cada información distinta
- Permite la propagación de información por señal analógicas o digitales por medio de cable o por el aire
- Mejora el ancho de banda de cada canal

2.6.1 Modulación Analógica

Por lo general, este tipo de modulación se usa cuando se requiere transmitir una frecuencia analógica diferente o con un ancho de banda menor, dicha modulación se la puede realizar tomando en cuenta los cambios de la amplitud, frecuencia o fase de la señal portadora

Existen tres tipos de modulación analógica [15]:

- Amplitud Modulada (AM)
- Frecuencia Modulada (FM)
- Fase Modulada (PM)

2.6.2 Modulación Digital

La información se expande a través de señales digitales o discretas lo que quiere decir que se propaga haciendo uso de números codificados en sistema binario, alfanuméricos, símbolos gráficos. En el siguiente diagrama de bloques se muestra un sistema de modulación digital se establece las siguientes partes principales: una fuente, un destino, medio de transmisión [16].

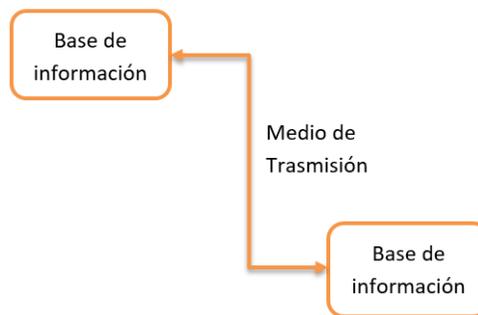


Figura 2: Modulación Digital [9]

En los sistemas de comunicaciones digitales cuando la frecuencia es alta, se debe seleccionar modulación de forma adecuada para transmitir la información a diferentes distancias, por ejemplo:

- Antes de ser enviada la información se usa un convertidor de análogo a digital para transformar y enviar la información digitalizada y al recibir la información digital, el receptor debe convertir la señal digital a analógica para poder ser mostrada.

La Modulación Digital comprende una gran parte del área de técnicas de Comunicaciones, que incluyen la transmisión y radio digitales, la transmisión de pulsos digitales se da entre dos o más puntos de un mismo sistema de comunicación digital [17].

2.7 Radio digital

La diferencia entre radio digital y un sistema de radio convencional AM, FM o PM, es la señal moduladora. Los sistemas analógicos y digitales usan ambas portadoras, pero en la modulación analógica la señal moduladora es analógica, mientras que en la modulación digital la señal moduladora es digital, mantener presente que, en la señal analógica y digital, la fuente de información original pudo ser analógica o digital [18].

En la figura 3 se muestra un sistema digital de radio y la señal moduladora de entrada y la señal demodulada son pulsos digitales, los mismos pulsos se pueden originar en un sistema digital de transmisión, o en la fuente original digital, como por ejemplo una computadora central o estar en la codificación binaria de una señal analógica. [19]

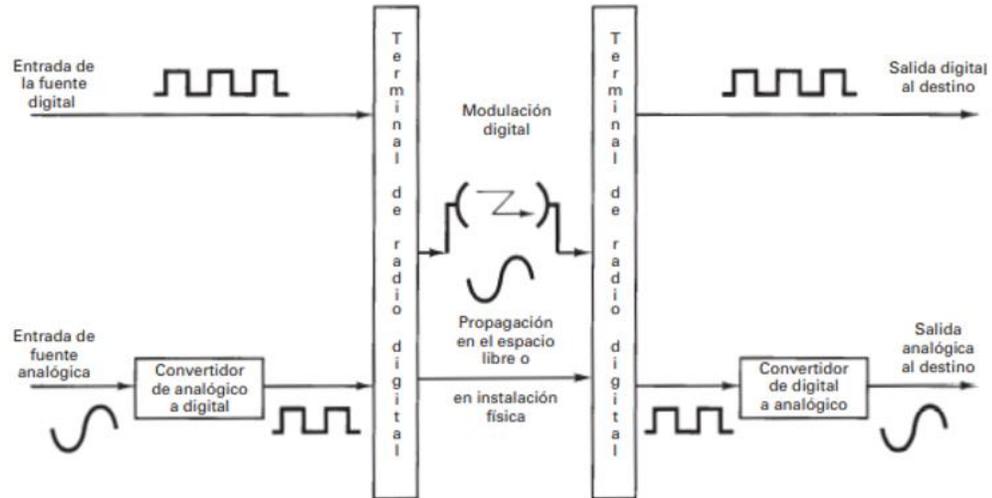


Figura 3: Sistema digital de radio [19]

En la figura 4, nos detalla con un diagrama de bloques un sistema digital de radio. Tenemos el transmisor, el pre-codificador se encarga de hacer la conversión de nivel, para luego codificar los datos que llegan en una palabra de control que modula a la portadora analógica. La portadora modulada se filtra, se amplifica y luego se transmite por el medio de transmisión hacia el receptor, mientras en el receptor cuando recibe la señal de entrada se filtra, se amplifica y se aplica un circuito demodulador, que reproduce la información de la fuente original. Los circuitos de reloj y de recuperación de portadora eliminan la información de la portadora y del reloj de sincronización de la señal modulada que entra [20].

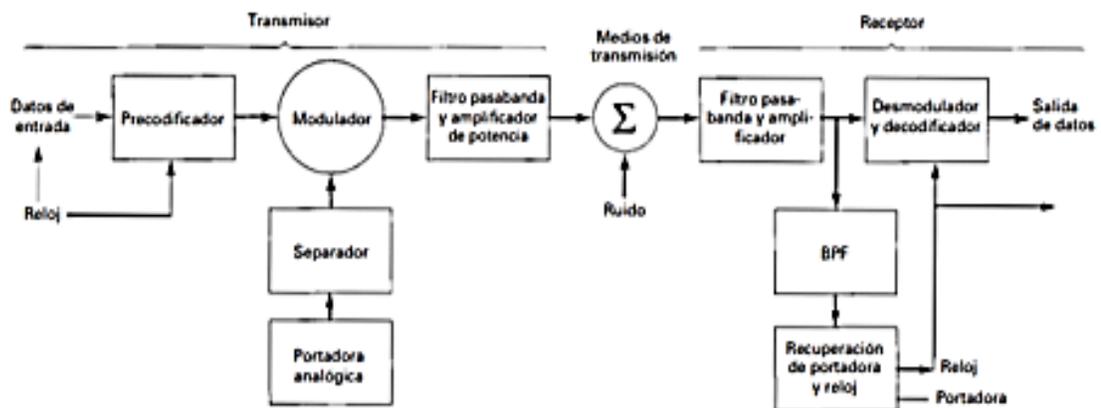


Figura 4: Diagrama de bloques de un Sistema digital de radio [19]

2.8 Modulación por desplazamiento por fase (PSK)

Es una forma de modulación digital angular que tiene una amplitud de tipo constante, es muy parecido a la modulación de fase convencional, con la particularidad de contener un sistema de señal digital binaria capaz de contener una cantidad conocida de fases de salida limitada [21].

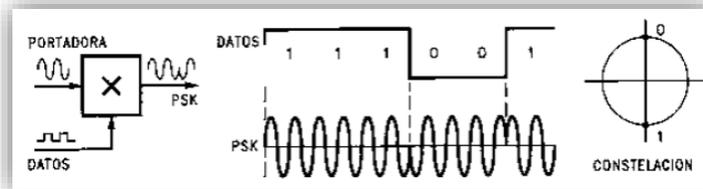


Figura 5: Modulación PSK [21].

La modulación PSK se caracteriza porque la fase de la señal portadora representa cada símbolo de información de la señal moduladora, con un valor angular que el modulador elige entre un conjunto discreto de "x" valores posibles [22].

Un modulador PSK representa de un modo directo la información mediante el valor positivo de la fase de la señal que se encuentra modulada, este dato o número que obtiene el demodulador al contrastar la fase de ésta, con la fase de la portadora sin ningún tipo de modulación [22].

La señal modulada de resultado corresponde a la expresión de la siguiente forma:

$$S_i(t) = A_p * \cos(2\pi ft + \theta)$$

Donde:

- A_p : Corresponde a la amplitud de la señal
- f : Corresponde a la frecuencia de la portadora
- t : Es el rango respectivo de tiempo en el que transmite cada bit
- θ : Es la fase de la señal.

Dependiendo del número de posibles fases a tomar, recibe diferentes denominaciones. Dado que lo más común es codificar un número entero de bits por cada

símbolo, el número de fases a tomar es una potencia de dos. Así tendremos BPSK con 2 fases (equivalente a PAM), QPSK con 4 fases (equivalente a QAM), 8-PSK con 8 fases y así sucesivamente. A mayor número de posibles fases, mayor es la cantidad de información que se puede transmitir utilizando el mismo ancho de banda, pero mayor es también su sensibilidad frente a ruidos e interferencias. [22] [23]

Las modulaciones BPSK y QPSK, son derivadas de la modulación por desplazamiento de fase, son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores. En esencia, la diferencia entre distintos símbolos asociados a cada fase es máxima para la potencia y ancho de banda utilizados. No pasa lo mismo con otras variantes tales como la PSK de 8 niveles (8-PSK), la de 16 (16-PSK) o superiores, para las cuales existen otros esquemas de modulación digital más eficientes. [22] [23]

La gran ventaja de las modulaciones PSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que se simplifica el diseño de los amplificadores y etapas receptoras lo que significa reducción de costos, dado que la potencia de la fuente es constante. [22] [23]

Existen 2 alternativas de modulación PSK: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase, y PSK diferencial (DPSK), en la cual se consideran las diferencias entre un salto de fase y el anterior. [22] [23]

Para establecer matemáticamente las tasas de error correspondientes a cada modulación, definiremos algunos conceptos:

2.9 Modulación por desplazamiento binario de fase BPSK

En la modulación por desplazamiento binario de fase son dos fases de salida para una sola frecuencia portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico, y la otra un 0 lógico. La señal de entrada cambia de estado cuando la fase de la portadora de salida hace un cambio entre dos ángulos que están desfasados 180° . La BPSK tiene una forma

de modulación de onda cuadrada con portadora suprimida de una señal de onda continua [22] [23]

En el diagrama de bloques de la figura 6 muestra un transmisor BPSK en donde este funciona como conmutador de inversión de fase. La condición lógica de la entrada digital, la portadora transfiere los datos a la salida ya sea en fase o desfase 180° con referencia al oscilador de la portadora. [22] [23]

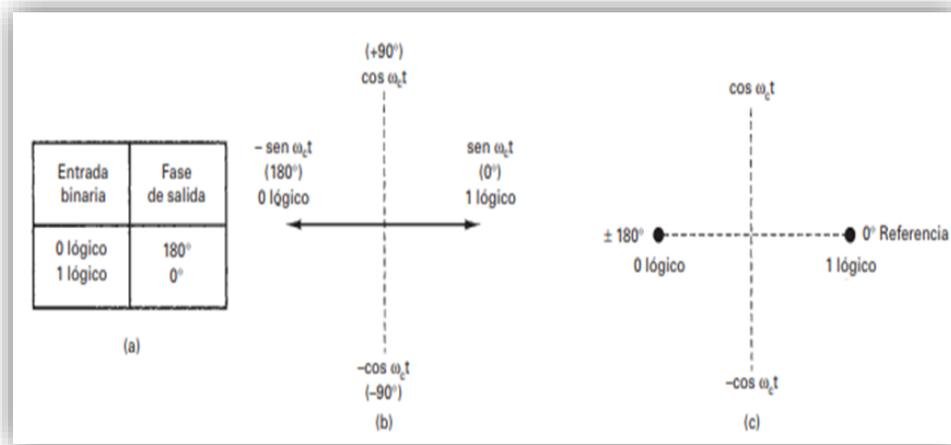


Figura 6: Diagrama de transmisor BPSK [22] [23]

2.10 Modulación por desplazamiento cuaternario de fase QPSK

Este módulo se refiere al desplazamiento de cuatro símbolos, desplazados uno del otro por 90°, sin embargo, se utilizan los valores de salto que corresponden a los 45° en cada uno de los cuadrantes del plano cartesiano, lo que corresponde a: 45°, 135°, 225° y 315°. Cada una de estas simbologías tiene un par de bits asociados, los cuales hacen una partición de flujo de cada bit para formar la simbología de I y Q [24].

Es otro tipo de modulación digital angular y de amplitud constante, la QPSK es una técnica que consiste en M-aria, en donde $M=4$, en esta codificación son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia de portadora. En esta modulación para las cuatro fases distintas de salida, debe haber cuatro condiciones distintas de entrada, para

que la entrada digital a un modulador QPSK es una señal binaria, para crear las cuatro condiciones posibles son: 00, 01, 10 y 11. [24].

Los datos binarios de entrada se combinan en grupos de dos bits, llamado dibits, en donde cada dibits de código genera una de las cuatro fases posibles de salida, para cada dibit de dos bits sincronizado en el modulador, se obtiene un solo cambio en la salida, entonces la rapidez de cambio en la salida es la mitad de la rapidez de entrada de bits.

Como se muestra en la figura 7, muestra un diagrama de bloques de un modulador QPSK, donde dos bits se sincronizan en el divisor de bits, luego de que han entrado los dos bits en serie, salen en forma simultánea y en paralelo, uno de los dos bits se dirige al canal I (proviene de canal "in phase", enfaseado) y el otro al canal Q (proviene de canal "quadrature"). El bit que ingresa a I modula una portadora enfaseada con el oscilador de referencia, mientras que el bit que ingresa en el canal Q modula una portadora que está desfasada 90° respecto a la portadora de referencia. Cuando los bits se dividen en los canales la operación que realiza es igual que en un modulador BPSK, es decir un modulador QPSK es dos moduladores BPSK en paralelo

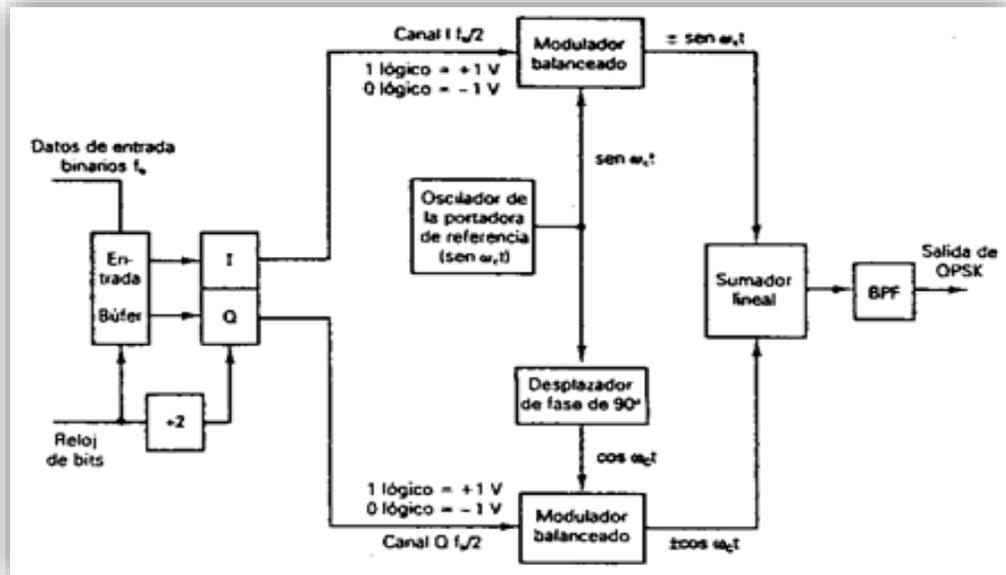


Figura 7: diagrama de bloques del modulador QPSK

2.11 Sistema de Inhibición

Los celulares utilizan radio señales, la cuales pueden ser interrumpidas, o si se desea puede ser parcial como completamente bloqueadas, lo que se utiliza hoy en día como inhibidor de señal para no permitir el uso de celulares en un área restringida [25].

La inhibición en la tecnología celular fue desarrollada por militares para anular las comunicaciones del enemigo. La tecnología que se maneja en la actualidad contiene mucha información que puede ser captada desde un cualquier dispositivo móvil y enviada a distintos destinos en cuestión de segundos.

Dicha inhibición se ha ampliado a ámbitos civiles como son los Bancos, Entidades Estatales o Empresas las cuales buscan un mejor sistema de protección informática.

Los Inhibidores de frecuencia tienen como objetivo bloquear la comunicación dependiendo la cantidad de información que se trasmite por los canales usados.

2.11.1 Definición de inhibidor de señal

El concepto primordial de un inhibidor de señal es el lanzamiento de un ruido, denominado señal, que se encuentra en la misma frecuencia que está utilizando el proveedor de servicio de telefonía móvil para destruirla y que esa señal no tenga interacción con el dispositivo del usuario del celular [25].

Cuando se hace referencias a inhibición de señales comúnmente se realiza este tipo de trabajo para celulares, como, por ejemplo, en la mayoría de los bancos tienen estos equipos para evitar robos o que filtre información ya sea por parte del empleado bancario o los usuarios, mientras se realiza las transacciones. Además, cuando se realiza la inhibición esta prohíbe o no permite que las señales radioeléctricas salgan o ingresen en un determinado lugar, en un determinado rango de frecuencias según la necesidad lo amerite.

2.11.2 Técnicas de inhibición

Actualmente en vista de la proliferación de tecnologías sin cables, la inhibición se ha vuelto indispensable para la investigación, debido a los bloqueos que existen hoy en todo tipo de circunstancias en la comunicación sin cables [26].

Existen diversos tipos de técnicas de inhibición, las cuales nos permiten de diferentes formas realizar nuestro propósito, además cada técnica se la realiza dependiendo del propósito y el ambiente en el cual se lo va a realizar.

2.11.3 Inhibición por ruido

Esta técnica de inhibición por ruido o estrategia de Jammer trabaja haciendo uso de una potente señal de ruido que tiene como propiedad ser de la misma frecuencia de la señal a inhibir. Cuando este tipo de estrategia es utilizada, esta toma el espacio de todo el ancho de banda por la señal [25].

En este tipo de inhibición o Jammer la portadora es modulada por una señal aleatoria de ruido, este ruido ingresa para ocupar el ancho de banda y al realizar esta acción hace que el móvil salga del ancho de banda y quede sin señal o puede ocupar un ancho de banda segmentado y no ocupar todo el ancho de banda, este tipo de inhibición por ruido se clasifica en ruido de banda ancha, ruido de banda parcial y ruido de banda angosta, cada uno de estos tipos de inhibición tiene sus ventajas y desventajas y se lo utiliza para los diferentes objetivos o diferentes escenarios según la conveniencia.

2.11.4 Inhibición por ruido de banda ancha o banda completa

Como lo dice la técnica, es realizada por un ruido a través de todo el ancho de banda del espectro de frecuencias. La inhibición funciona elevando el nivel de ruido en el receptor lo que ocasiona un decremento en la relación señal a ruido. La eficiencia de este tipo de inhibición depende del nivel de potencia y por tanto de la distancia entre el inhibidor y el receptor.

2.11.5 Inhibición por ruido de banda parcial

En este caso se ingresa el ruido en una parte específica del espectro, en donde solo cubrirá ciertos canales, estos canales pueden ser o no continuos. Este tipo de inhibición es mejor que el de banda completa ya que no se hace inadecuado de la potencia para realizar la inhibición, se dice que es mejor ya que si se conoce los canales de sincronización solo se incluiría el ruido en esta parte del ancho del espectro.

2.11.6 Inhibición por ruido de banda angosta

Este tipo de inhibición se la realiza solamente en un canal, el ancho de banda podría abarcar todo el canal o simplemente una parte de él, la diferencia entre todos los tipos de inhibición radica en el uso del espectro y la potencia que usa y va relacionado con la distancia en la que está el objetivo que se desea realizar la inhibición. La potencia se la puede usar para que sea en un solo canal, para realizar esta técnica es necesario saber el canal a usar ya que sería una gran ventaja [27].

2.11.7 Inhibición por tonos

Esta técnica consiste en enviar un tono o varios tonos a lo largo del ancho de banda, las posibilidades de completar la inhibición será cuando el tono este en la posición adecuada dentro del espectro. Se utilizan varios tipos y los mismos deben estar haciendo un barrido en el espectro en una frecuencia específica. Aunque lo que muestra esta técnica es que existe una mayor cantidad de efectos adversos cuando se es probado en las simulaciones [28].

2.11.8 Inhibición por pulsos

Es muy parecido a la técnica de inhibición por ruido parcial, en este caso se debe tomar en cuenta el tiempo que la inhibición esté encendida, más no el ancho del espectro, esta técnica además ahorra de una mejor manera la potencia, puesto que tiene la particularidad de cambiar canales e inhibir diferentes bandas en periodos de tiempo.

Lo que hace especial a este tipo de inhibición es su característica de bloquear distintos canales, que en caso de ser requerido pueden trabajarse de modo simultáneo [29].

2.11.9 Inhibición por barrido

Se realiza al introducir un ruido o una señal periódica en una fracción del espectro y cuando se lo logre, la señal realizará un barrido por todo el ancho de banda que ocupe la misma, la efectividad de esta técnica dependerá del barrido que debe ser muy rápido para bloquearlo, además en esta técnica se optimiza la potencia, debido a que la potencia no debe ir por todo el ancho de banda y solo se utiliza en un determinado lugar y momento. Lo que permite esta técnica es que se haga interferencia a la energía que se proporciona al radar del receptor de banda durante el período de tiempo de inhibición, luego según la señal mínima de la tasa de potencia del inhibidor que se requiere para un correcto funcionamiento del receptor, se determina el periodo de inhibición en el escaneo con que el receptor está trabajando o lo que es decir la tasa de destrucción del receptor [30].

2.11.10 Inhibición por seguimiento

Esta técnica utiliza la tecnología FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) se la realiza cuando transmite la información en una frecuencia en determinado tiempo y luego que termina ese intervalo de tiempo, pasa a otra frecuencia a transmitir datos bajo un intervalo de tiempo, los saltos que se realiza de frecuencia y los saltos de tiempo se establece mediante una secuencia que se debe conocer y que la realiza el objetivo a inhibir. Lo que hace esta técnica es que en caso de que el transmisor detectara la señal de inhibición, inmediatamente que este cambie su canal, abre paso a que este sistema inhibidor escanee la banda entera y la detecte, buscando la frecuencia adecuada para inhibir la señal una vez más [31].

2.11.11 Inhibición por inteligencia

La inhibición por inteligencia no es una técnica como las anteriores, más bien es un estudio del objetivo para lograr mejores resultados. Cuando se realiza una técnica de

inhibición siempre sucede que hay desperdicios de recursos y no siempre la opción escogida es la óptima. En esta técnica tiene el enfoque de trabajar para el ataque tanto en la fase de práctica de transmisión como de la información que esta lleva, a pesar de que se considera un lujo o una técnica que desperdicia los recursos, la tecnología ha llevado a esta técnica a trabajar con una cantidad de energía que se proporciona de manera arbitraria con el uso de un sistema MIMO [32].

2.11.12 Características de un inhibidor comercial

Con el fin de hacer luego una comparación entre el prototipo y un equipo comercial, se presenta un resumen de las especificaciones técnicas y físicas de un equipo TS97337 Obtenido de la página web de una empresa.



Figura 8: TS9737 Bloqueador 75 watt celular 4G high performance - inhibidor comercial). [33]

Potencia:	75 Watt
Frecuencia de bloqueo: (solicitadas por el usuario)	850-900 MHz, 920-965 MHz, 1710-1770 MHz, 1900-1990 MHz, 2100-2170 MHz.
Adaptador externo AC:	110V / 220V DC24V
Armazón:	Metal reforzado (50 x 24 x 38 cm)
Sistema de ventilación:	Inteligente con filtros de aire incorporados
Protección a prueba de agua:	IP55
Dimensiones del bloqueador:	376 x 181 x 84 mm

Tabla 1: Características Técnicas de TS9737 - inhibidor comercial [33]

3 Marco metodológico

El presente proyecto de Titulación representado en un prototipo físico, orientado al aprendizaje e investigación de los alumnos, en el cual se explica el procedimiento que se realizó para poder alcanzar el objetivo del tema que consiste en el módulo y programación utilizados para el desarrollo del prototipo indicado.

3.1 Diseño del prototipo.

3.1.1 Verificación de portadoras

Se realizó una investigación de las portadoras que están actualmente transmitiendo las operadoras de Telefonía Celular ya que son las únicas que transmiten en estas frecuencias.

Se empezó a descartar las siguientes operadoras de telefonía celular, si bien es cierto dan el servicio de LTE, pero, no se encuentran en la banda propuesta en el tema de Titulación; estas operadoras son Movistar y Tuenti ya que trabajan en una banda inferior, la banda 2, la banda mencionada comprende desde los 1850 MHz – 1990 MHz; Movistar 1900 Mhz (Banda 2) y Tuenti en 1900MHz (Banda 2).

Se identificó que las operadoras que se encuentran trabajando en el rango de frecuencias de la banda 4 son Claro en las frecuencias 1740 MHz – 2140 MHz y CNT en las frecuencias 1720 MHz – 2120 MHz.

E-UTRAN Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit UE receive	Duplex Mode
	FUL_low – FUL_high	FDL_low – FDL_high	
1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	FDD
28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 728 MHz	FDD

Tabla 2: Bandas de frecuencia E-UTRAN [34]

3.1.2 Hardware requerido

Para realizar nuestro proyecto es necesario tomar en cuenta que equipos vamos a utilizar y que especificaciones técnicas tiene cada uno para la resolución adecuada del problema planteado, teniendo en cuenta que se necesitara una PC para poder instalar el Software LABVIEW, el cual, requiere ciertas características para su correcto funcionamiento. Se realizó la búsqueda en el mercado tecnológico ya que se requería un equipo que pueda soportar el software y que sea compacto, al mismo tiempo que sea económicamente viable y que no se exceda del presupuesto.

El USRP de National Instruments en este caso el modelo 2920 que se encuentra en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, nos ayudará a solucionar el problema planteado; a continuación se describe el equipo que se va a utilizar en este proyecto de titulación.

3.1.3 INTEL NUC 8i3BEH MINI PC

Se recurre a la marca Intel ya que cuenta con computadores como el que se presentará a continuación, el Intel NUC 8i3BEH mini PC (figura 8) cuenta con un procesador Intel Core i3 de 8va Generación, su velocidad de procesamiento es de 3 GHz, memoria Ram de 4 Gigas, este equipo nos ayudara con el procesamiento digital de las señal que emita o reciba el USRP 2920

Las características de INTEL NUC 8i3BEH se detallan en la siguiente tabla:

Especificaciones del dispositivo	
Modelo	Intel NUC 8i3BEH
Procesador	Intel® Core™ i3-8109U CPU @ 3.00 GHz Intel® Iris™ Plus Graphics 655 Integrated memory controller Integrated PCH
BIOS	Intel® BIOS
RAM instalada	4,00 GB DDR4 SO-DIMM RAM
Storage	SATA ports
Disco Almacenamiento	
Puertos USB	USB 3.1 Gen 2 (10Gbps) Type C ports x4 USB 3.1 Gen 2 (10Gbps) Type A ports
Otras conexiones externas	x1 HDMI
Audio	Intel HD
LAN	Gigabit(10/100/1000 Mbps)
Wi-Fi	Intel Dual Band Wireless-AC 9560
Peso y dimensiones	0.56 kg; 117x112x51 mm (WxDxH)

Tabla 3: Especificaciones del Intel NUC 8i3BEH [35]



Figura 9: INTEL NUC 8i3BEH MINI PC [9]

3.1.4 NI USRP 2920 de National Instruments

Para el tema en desarrollo se presenta el dispositivo NI USRP 2920, el cual es la mejor opción para el análisis y crecimiento del nivel formativo de los estudiantes, se podría mejorar el prototipo en el futuro con un equipo de mayor potencia o ancho de banda.

Para usar el equipo USRP 2920 es necesario instalar el programa LabView, adicional el Programa NI-USRP Configuration Utility. Cuenta con módulo de TX y módulo RX el cual permite realizar las funciones que se indique en la programación establecida en LabView, mediante un cable UTP RJ45 se realiza la conexión entre la PC y el Equipo USRP 2920.

Cuenta con un Puerto MIMO (Multiple Inputs – Multiple Outputs) el cual se utiliza para la conexión de otro equipo USRP 2920 adicional y realizar diversas funciones simultáneamente con los dos equipos conectados al mismo tiempo



Figura 10: NI USRP 2920 de National Instruments [36]

Las características del equipo se las presenta continuación:

Especificaciones del USRP 2920 en transmisión	
Modelo	NI USRP 2920
Rango de frecuencias	50 MHz to 2.2 GHz
Potencia máxima de Salida 50 MHz a 1.2 GHz 1.2 GHz a 2.2 GHz	50 mW to 100 mW (17 dBm to 20 dBm) 30 mW to 70 mW (15 dBm to 18 dBm)
Rango de Ganancia	0 dB to 31 dB
Máximo ancho de banda instantáneo en tiempo real Ancho de muestra de 16 bits Ancho de muestra de 8 bits	20 MHz 40 MHz
Adaptador Fuente de Poder	Alimentación externa de 6 V y 3 A
Dimensiones Físicas (L x W x H)	15.875 cm x 4.826 cm x 21.209 cm (6.25 in. x 1.9 in. x 8.35 in.)
Peso	1.193 kg (2.63 lb)

Tabla 4: Especificaciones del equipo USRP 2920 en transmisión [36]

Especificaciones del USRP 2920 en Recepción	
Rango de frecuencias	50 MHz to 2.2 GHz
Rango de Ganancia	0 dB to 31.5 dB
Potencia máxima de entrada	0 dBm
Máximo ancho de banda instantáneo en tiempo real	
Ancho de muestra de 16 bits	20 MHz
Ancho de muestra de 8 bits	40 MHz
Convertidor Analógico a digital (ADC)	2 canales, 100 MS/s, 14 bit

Tabla 5: Especificaciones del equipo USRP 2920 en Recepción [36]

3.1.5 Amplificador de alta potencia

Uno de los puntos clave para poder propagar las señales de cualquier frecuencia a una mayor distancia son los Amplificadores de Potencia, los cuales ayudan a que puedan transmitir a una mayor distancia los datos que se estén enviando.

De tal manera que se realizó la búsqueda de entre los equipos que son activos de la Universidad, encontramos un Amplificador de alta potencia de transmisión de la marca Mini-Circuits modelo ZVE-3W-83+, en el rango de frecuencia de 2000 MHz a 8000 MHz, a una ganancia mínima de 30 dB al máximo de 40 dB, con el cual se puede realizar pruebas dentro de los 2100 MHz que pertenece a la Banda 4.



Figura 11: Amplificador de alta potencia de transmisión [37]

El Amplificador ZVE-3W-83+ de Mini-Circuits cuenta con las siguientes características técnicas.

Especificaciones	
Modelo	ZVE-3W-83+
Rango De Frecuencia	Min 2000 MHz – Max 8000 MHz
Ganancia	Min 30 dB – Max 40 dB
Potencia de Salida a 1dB	Min +31.5 dBm – Max +33 dBm
Potencia de salida saturada a 3dB	Min +33.5 dBm – Max +35 dBm
Grafica de Ruido	5.8 dB
VSWR de Entrada	1.5 :1
VSWR de Salida	1.4 :1
Fuente de Poder	15 V
Suministro de Corriente	Máximo de 1.5 A

Tabla 6: Especificaciones del amplificador [37]

3.1.6 Pantalla de 7 pulgadas HDMI LCD (C)

En el caso de nuestro Inhibidor se requerirá visualizar el programa que se va a manipular para poner en funcionamiento nuestro Prototipo inhibidor y que sea compatible

para el sistema operativo que utilizaremos el cual es Windows 10, por tal razón, se colocó una pantalla LCD de 7 Pulgadas, con sus características principales que serán detalladas a continuación:

- Pantalla IPS de 7 pulgadas, resolución de hardware 1024x600
- Control táctil capacitivo
- Admite mini PC populares como Raspberry Pi, BB Black, así como computadoras de escritorio en general



Figura 12: Pantalla LCD 7 pulgadas [38]

3.1.7 Diagrama de bloques

El Inhibidor de banda 4 de 1700 MHz a 2100 MHz, cuenta con un esquema simplificado en un diagrama de bloques, el cual nos muestra detalladamente como el proseo que se usó para el prototipo, a continuación se muestran las etapas del diagrama de bloques.

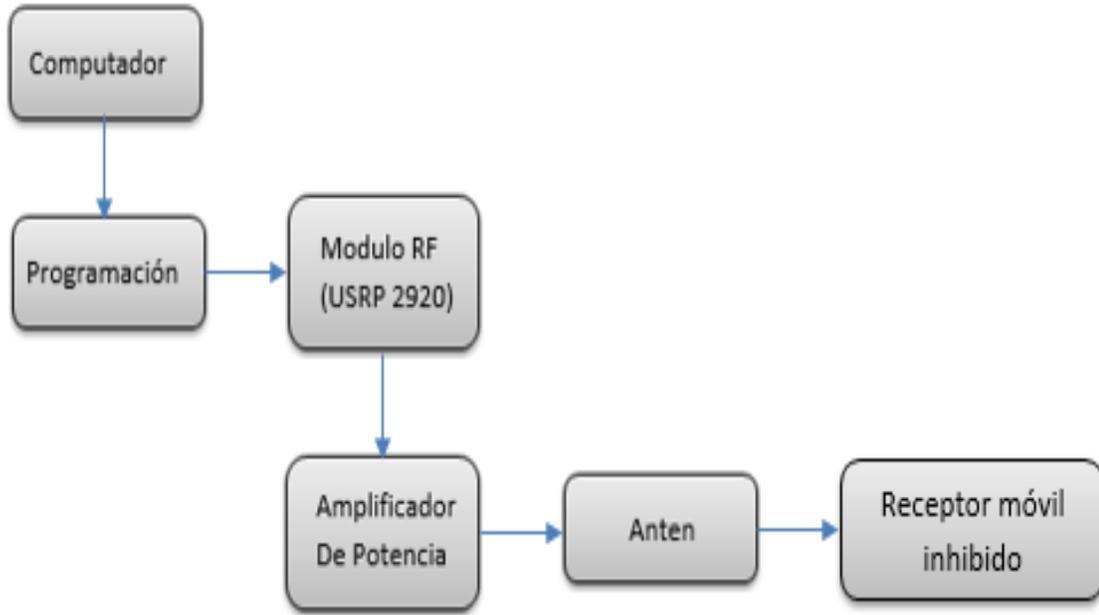


Figura 13: Diagrama de Bloques del inhibidor de banda 4 [9]

3.1.8 Diseño en el software LabView

Para poder empezar a utilizar el Software LabView se debe utilizar una Pc en donde podamos instalarlo, debemos tomar en cuenta las características requeridas de la PC se pueden encontrar en la página del mismo fabricante del Software.

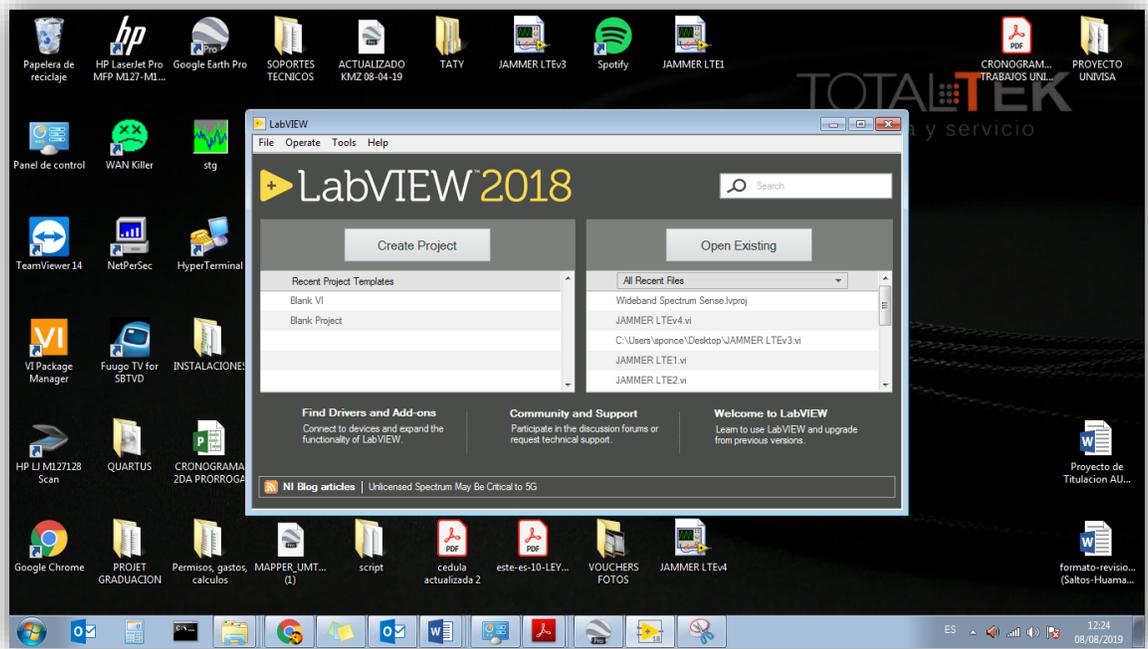


Figura 14: Ventana de inicio del Software LabView 2018 [9]

En el denominado Instrumento Virtual (VI), el cual será el archivo donde se encontrará la programación en diagrama de Bloques se usaron los siguientes controles para el inicio de la implementación del inhibidor.

Para que nuestro diagrama de bloques pueda funcionar con el USRP 2920 se debe colocar VI de apertura de sesión TX

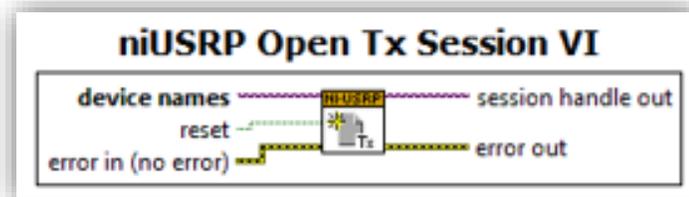


Figura 15: niUSRO Open Tx Session VI [9]

Para que Labview pueda vincularse con el equipo USRP 2920 se debe colocar un control en una de las entradas (device name) en donde se colocará un cuadro para ingresar la dirección IP del USRP 2920, en las cuales cuenta el VI Open Tx Session.

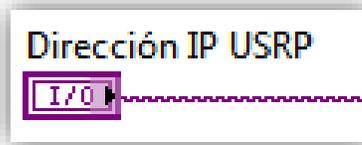


Figura 16: Control Device Name VI [9]

Se mostrara en el panel Frontal el siguiente Box en donde se podrá cambiar la dirección IP del Equipo USRP.

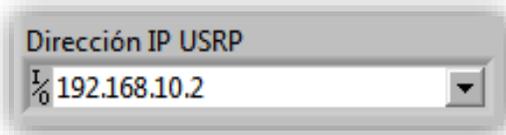


Figura 17: Control Device Name VI Front Panel [9]

Se coloca un VI llamado Property Node, el cual obtiene y/o establece una frecuencia, el VI se adapta automáticamente a los elementos que se conecten o clase del objeto que se haga referencia.

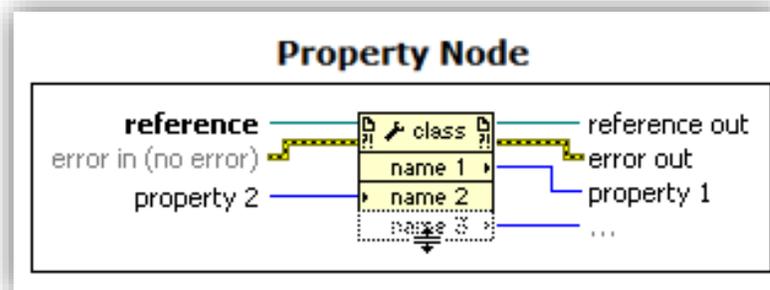


Figura 18: Property Node [9]

A continuación se muestra la pantalla donde se configurará el VI para simular el inhibidor, el detalle de cada uno de los controles de configuración se hará más adelante.

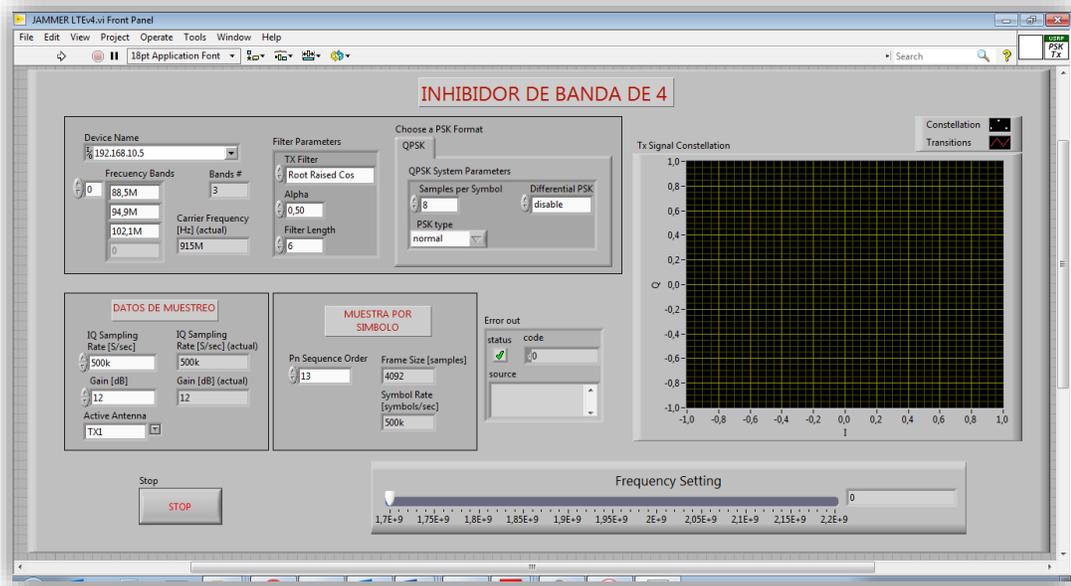


Figura 19: Panel de control del Inhibidor de banda 4 [9]

3.1.9 Conexión por cable de red entre computador y USRP 2920.

Una vez que se verificó e instaló correctamente el Software Labview, debemos asegurar que tenemos conectividad con el USRP 2920 a la computadora, el cual se procederá a conectar por medio de un patch cord UTP categoría 6 desde la computadora hasta el equipo USRP 2920, conectándolo en el puerto Giga Ethernet de estos dispositivo.

El equipo USRP 2920 cuenta con una dirección IP por defecto en nuestro caso será la IP 192.168.10.2, se deberá colocar la dirección IP del equipo y configurar por medio del protocolo IP en las funciones de red de la computadora para poder sincronizarse.

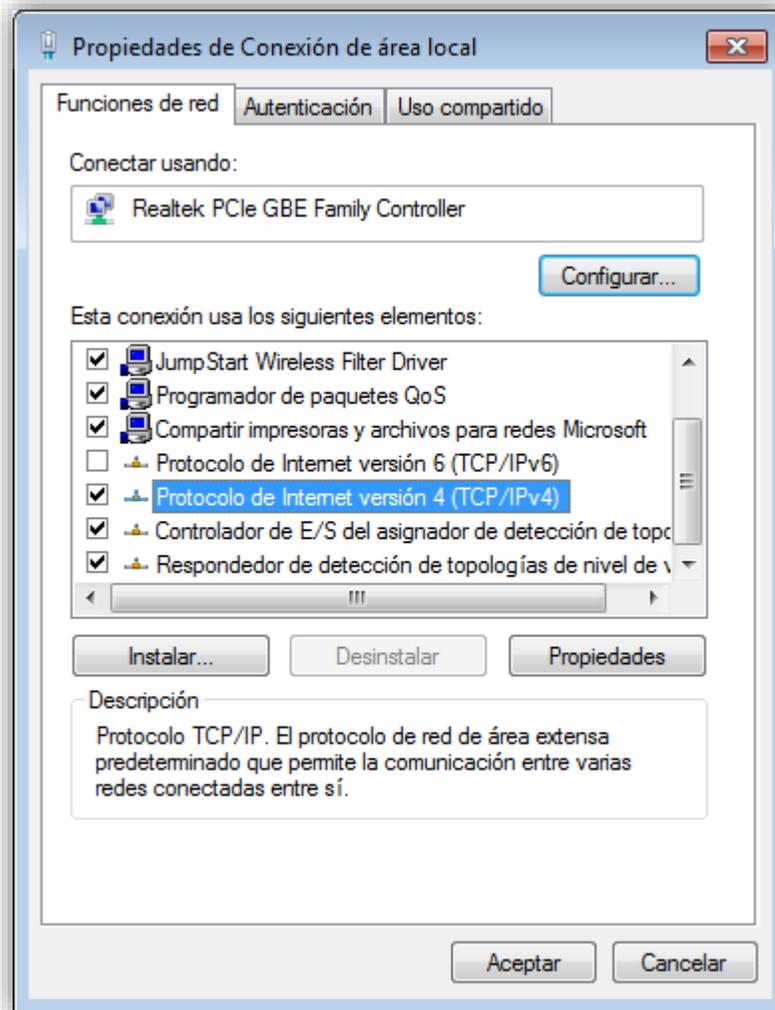


Figura 20: Propiedades de conexión de la red local [9]

Se deberá ingresar al Centro de redes y recursos de la computadora, luego ingresar en Cambiar Configuración del adaptador, en el cual elegiremos Protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4), y se procede a configurar la IP del USRP como puerta de enlace.

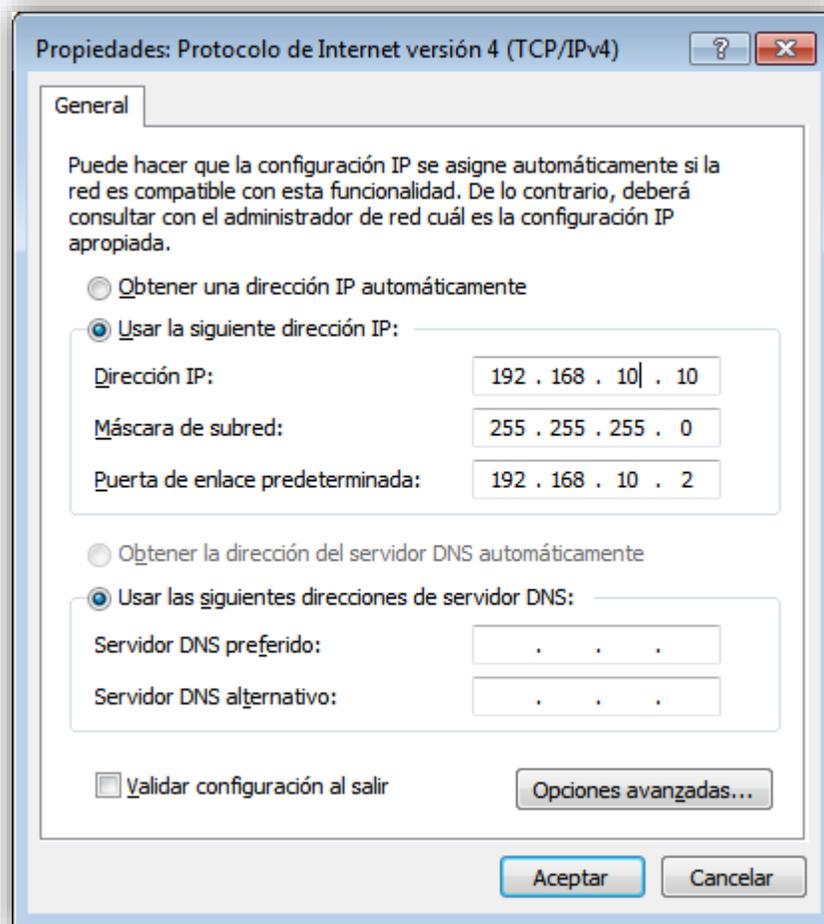


Figura 21: Configuración general de IPv4 [9]

Una vez realizado los pasos anteriores, procedemos a configurar nuestro computador con la IP 192.168.10.10, una Máscara de Subred (por defecto) 255.255.255.0.

Por último se debe colocar la puerta de enlace predeterminada la cual será la IP por defecto del equipo USRP 2920 la cual es 192.168.10.2, para verificar que nuestro equipo USRP 2920 tenga conexión con nuestra computadora se debe instalar el siguiente programa de NI-USRP Configuration Utility, el cual permitirá sincronizar el USRP 2920 con el software LabView

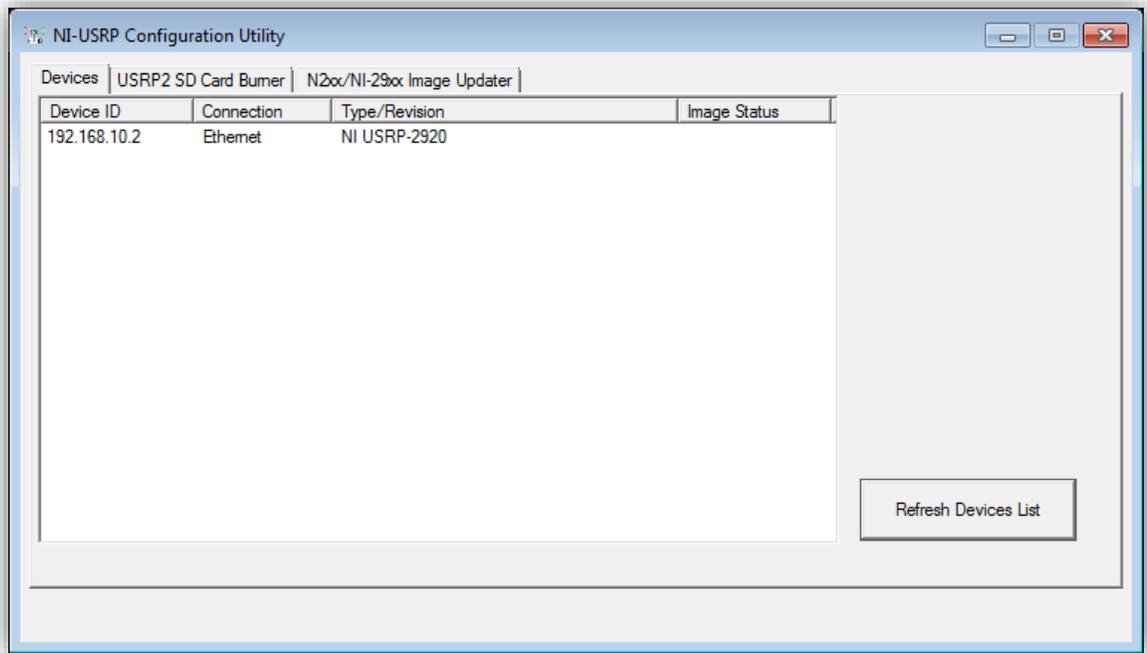


Figura 22: NI-USRP Configuration Utility [9]

4 Propuesta

En el siguiente capítulo se ampliará el conocimiento realizando el algoritmo con el Software LabView y cada uno de los pasos a realiza para el correcto funcionamiento de los mismo, veremos los pasos que se realizaron para llevar a cabo el prototipo inhibidor de banda 4 definidos por el software LabView, el USRP 2920 y el amplificador de frecuencia los cuales son elementos activos de la Universidad Politécnica Salesiana, cabe recalcar que el prototipo está abierto para seguir con la investigación de los estudiantes que deseen llevar este tema a un nivel más alto y mejorar los resultados.

4.1 Desarrollo Del Prototipo Inhibidor De Banda 4 En Laboratorio.

La ejecución del prototipo se realizara dentro los Laboratorios de la Universidad, contando con los equipos que se encuentran en el Laboratorio de Telecomunicaciones.

4.1.1 Equipos y Materiales:

- Módulo USRP 2920.
- Antena Omnidireccional
- Amplificador de Frecuencia
- Mini PC Intel Nuc
- Cable UTP Categoría 6
- Cable Coaxial con conectores RP SMA
- Fuente de poder 15VDC.
- Conectores lagarto tipo pinza pequeños.
- Pantalla LCD 7 Pulgadas
- Celular con sistema Android
- Software LabView
- Software NI-USRP Configuration Utility
- Aplicación Android LTE Discovery
- Chip LTE de operadora Claro

Nota: La aplicación LTE Discovery es necesario instalar en un celular de Gama media-alta o Gama alta.

4.1.2 Indicaciones para ensamblado

1. Conectar la alimentación eléctrica del equipo USRP 2920
2. Se conectar la PC por medio del Patch cord UTP Categoría 6 al equipo USRP 2920 en el puerto



Figura 23: USRP 2920 Conexión [9]

3. Ingresar a NI-USRP Configuration Utility para configurar la dirección IP del equipo USRP para que este en red con la PC
4. Ingresar al administrador de red de la PC que se está utilizando y cambiar la dirección IP correspondiente para estar en la misma red que el USRP 2920

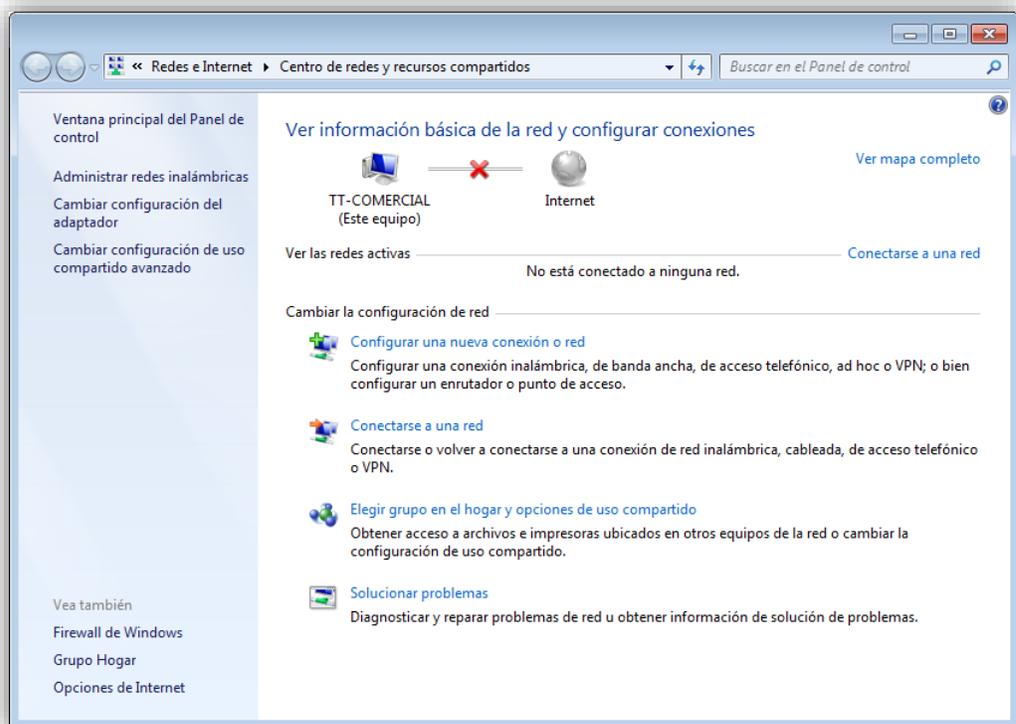


Figura 24: Centro de redes y recursos compartidos de Windows [9]

5. Se cambia la dirección IP de dinámica a una dirección IP estática en donde se procede a poner la dirección en la red que estarán la PC y USRP

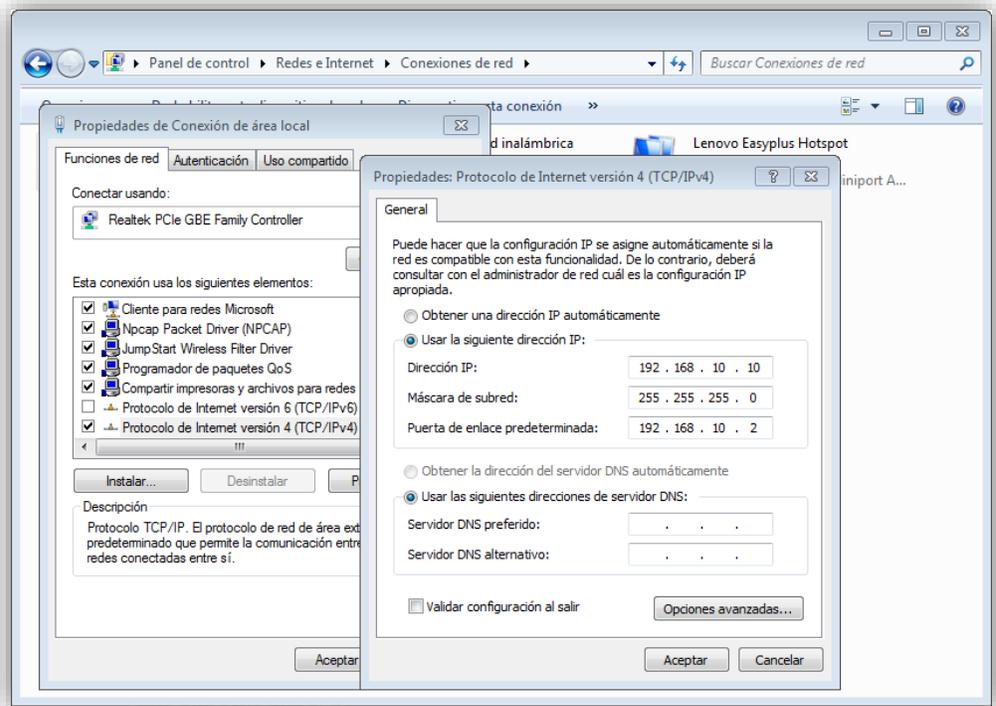


Figura 25: Propiedades de protocolo de internet versión 4 de Windows [9]

6. Conectar la antena Omnidireccional al puerto de conexión de antena tipo N en la posición TX1.

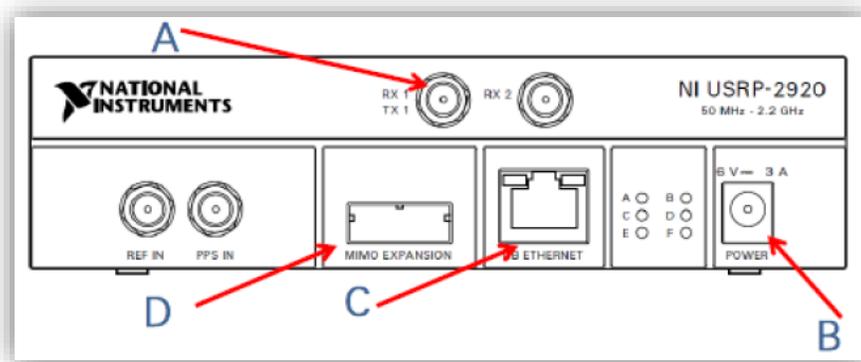


Figura 26: Conexiones del USRP 2920 [36]

- A. Puerto para conectar antena
- B. Alimentación eléctrica (5V)
- C. Puerto Ethernet
- D. Conexión MIMO

7. Finalmente, para comprobar la conexión entre la PC y el USRP 2920, se ingresa a NI-USRP Configuration Utility, luego se da clic en Find Devices y debe aparecer el equipo USRP 2920 conectado con la PC, considerar que la IP colocada en la PC debe ser diferente a la dirección IP del equipo USRP 2920.

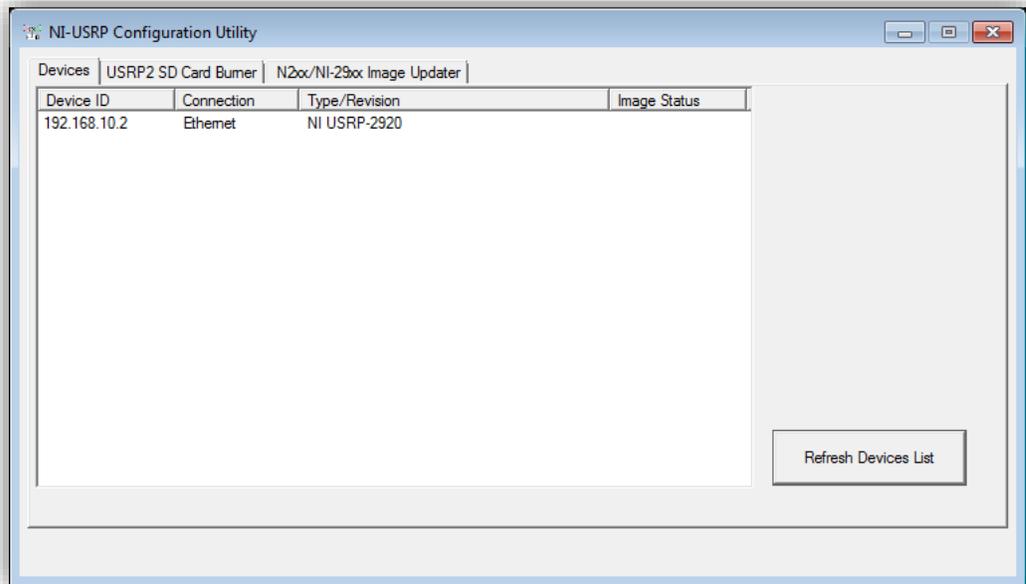


Figura 27: NI-USRP Configuration Utility [9]

8. Se procede con la conexión del amplificador de frecuencias con el equipo USRP 2920 con el Cable Coaxial con conectores RP SMA.



Figura 28: Conexión del amplificador de potencia [39]

9. Iniciar LabView, en **Open Existing** seleccionamos nuestro VI creado llamado JAMMER_LTE, dentro encontraremos la visualización del menú de parámetros de configuración del prototipo

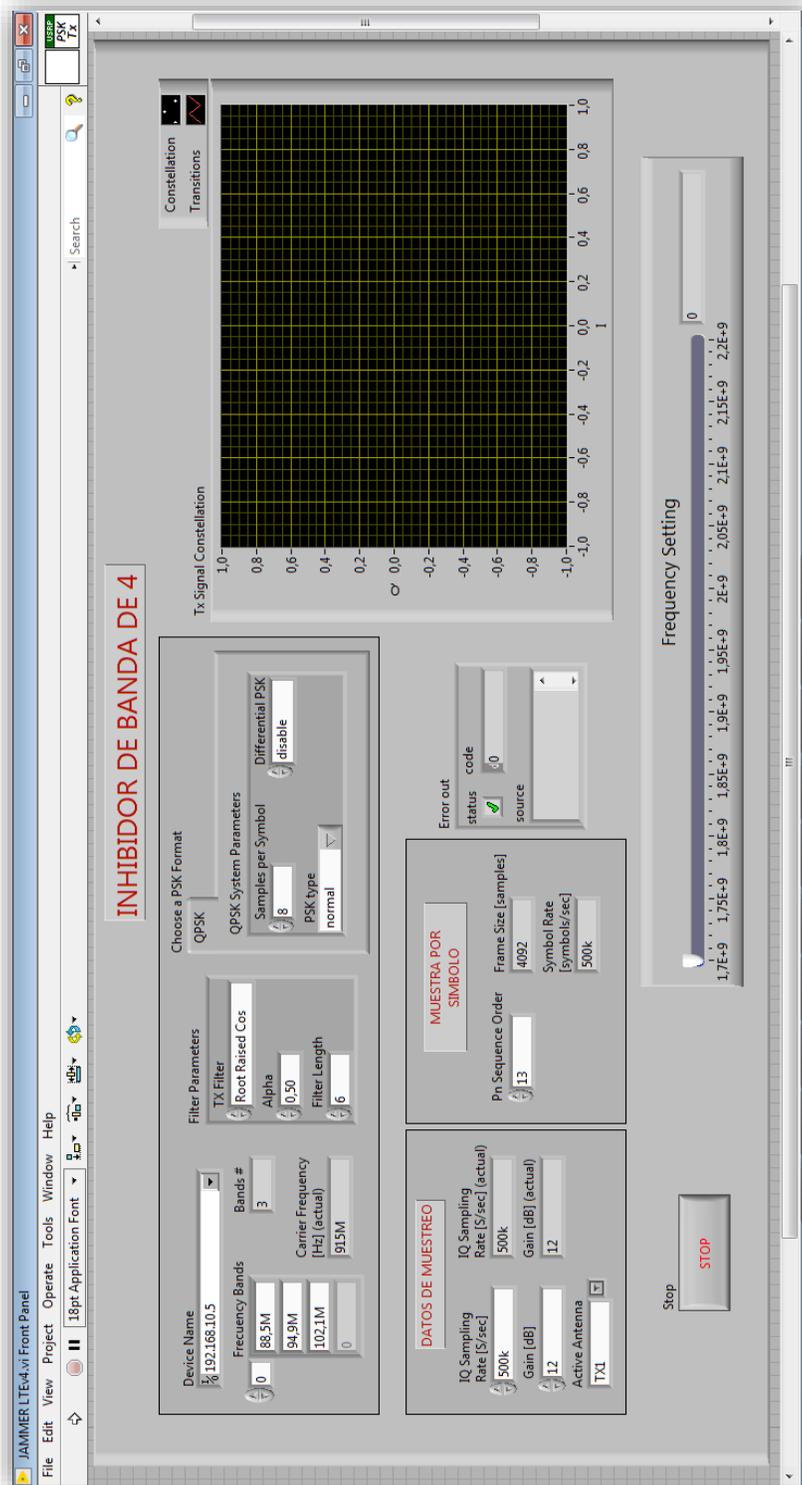


Figura 29: VI JAMMER parámetros de configuración [9]

Con las teclas Ctrl+T aparece la ventana en donde se realiza la programación en diagrama de Bloques.

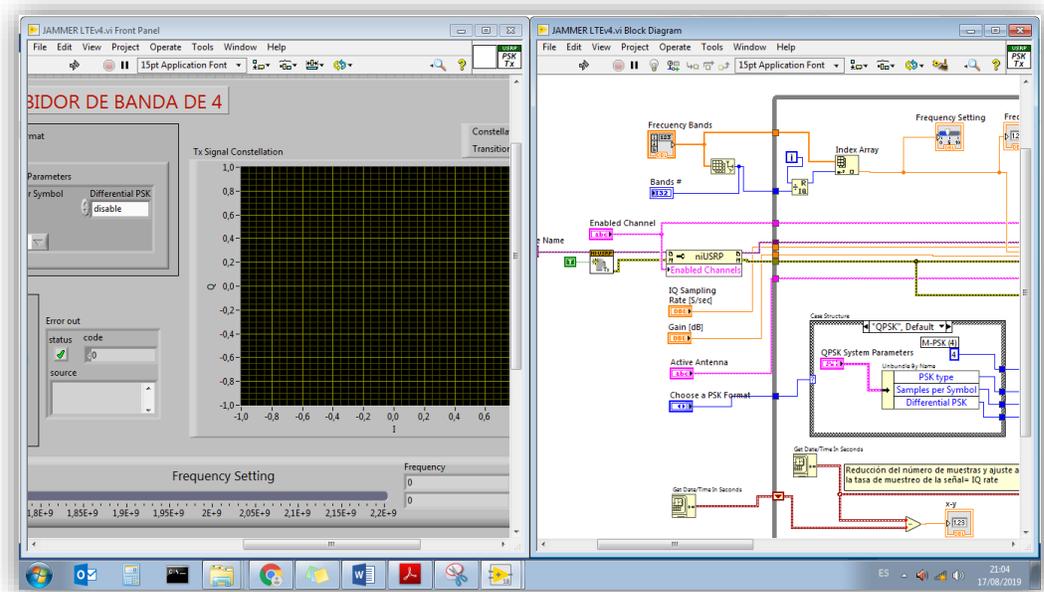


Figura 30: Presentación de las dos ventanas de LabView [9]

Presentación del programa en diagrama de bloques del inhibidor de banda 4

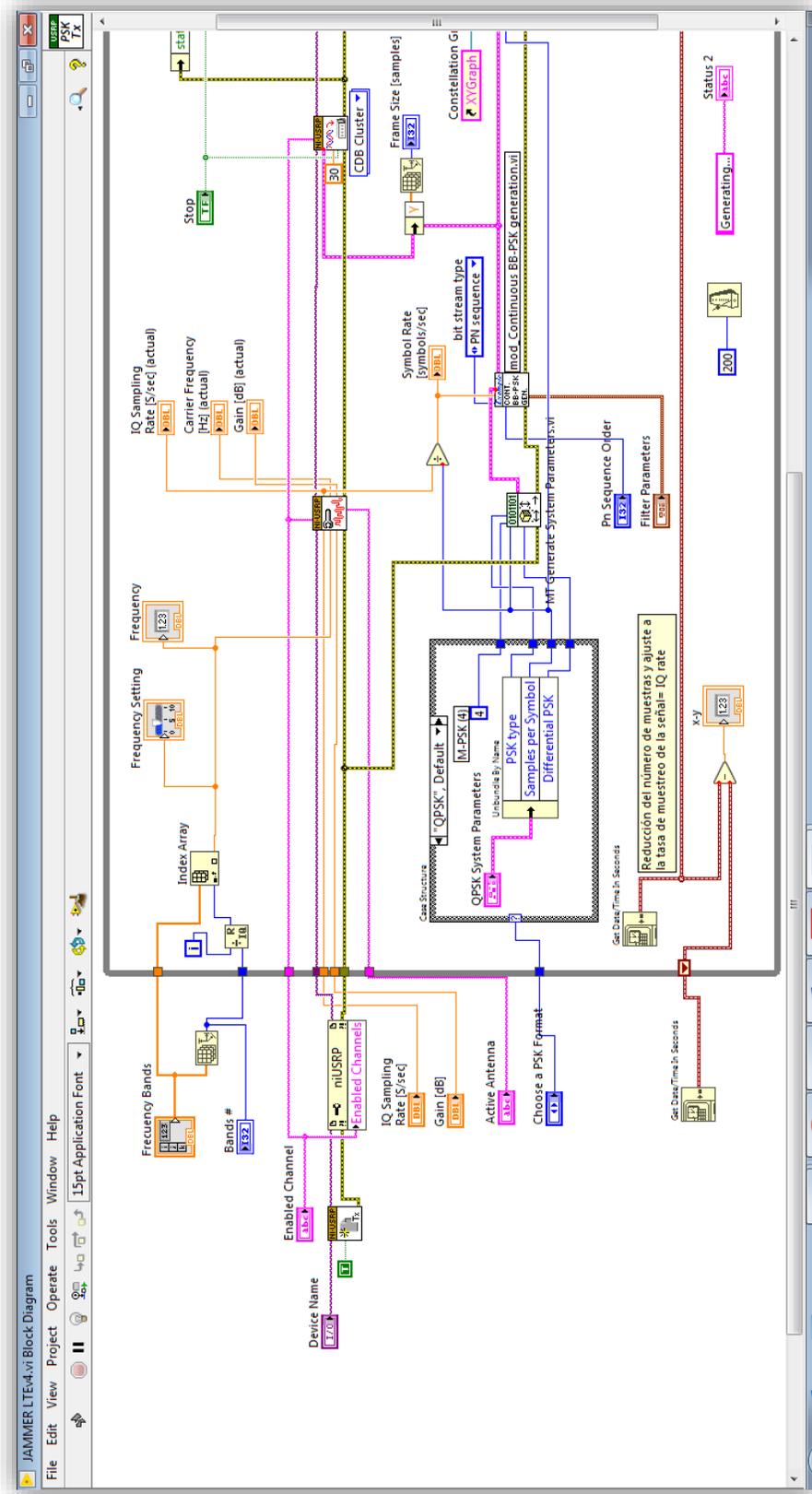


Figura 31: Programa del VI en Diagrama de bloques parte 1 [9]

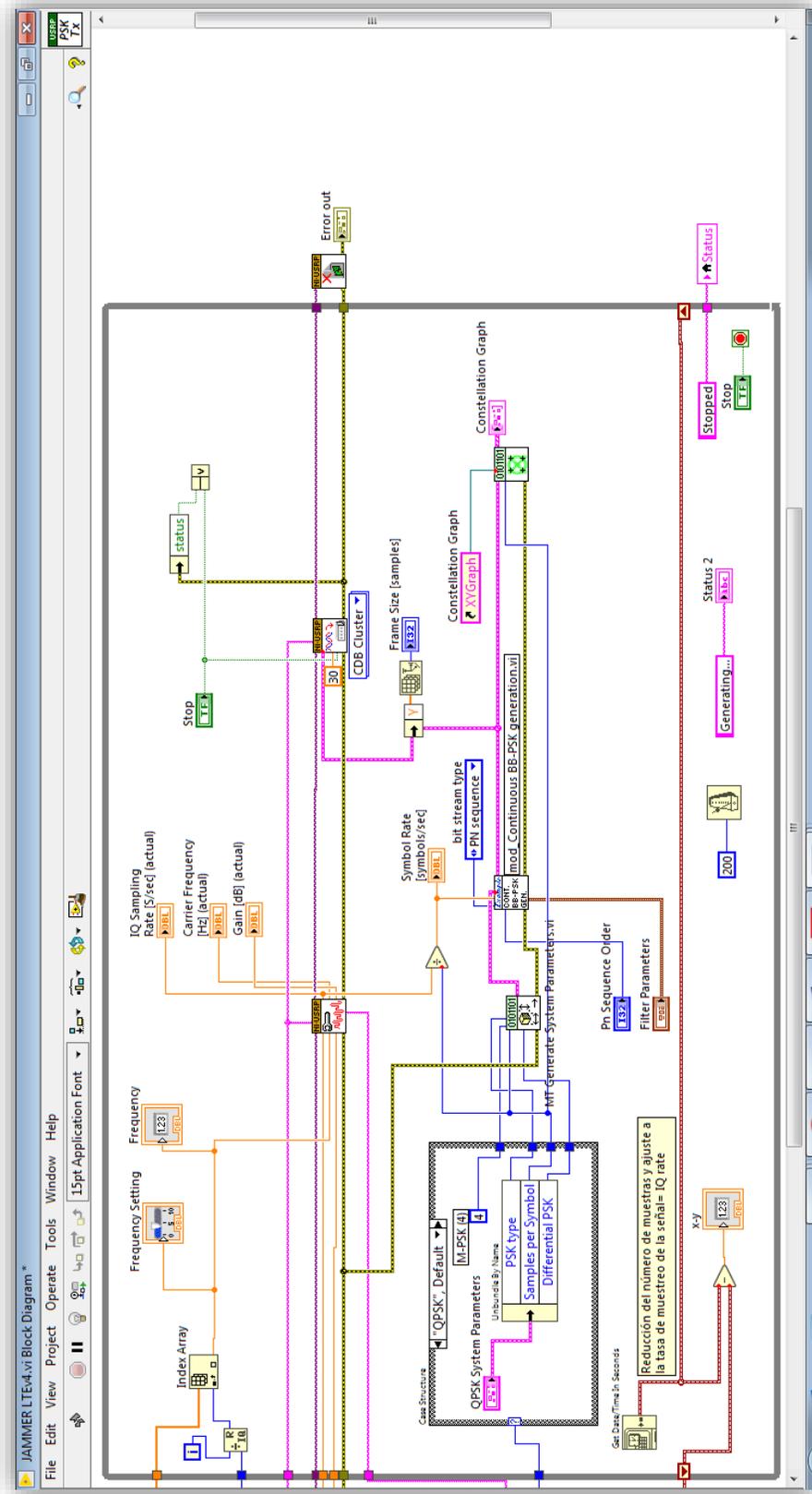


Figura 32: Programa del VI en Diagrama de bloques parte 2 [9]

Detalle de los bloques que encontramos en el programa del VI. Para una mejor comprensión.

Primero se configura los parámetros en nuestro Panel Frontal del Programa, la portadora a inhibir en la primera prueba, se realizara con la operadora de CNT en las frecuencias de 1720Mhz – 2120Mhz, en la segunda prueba se realiza con la Operadora CLARO en las frecuencias de 1740Mhz y 2140Mhz.

En este primer bloque debemos colocar la dirección IP del USRP 2920 que estamos usando en este caso será la IP 192.168.10.2 el cual se colocara en el cuadro con el Nombre denominado Device Name, luego en la parte inferior divisamos el cuadro con el nombre Frecuency Bands en donde se coloca la frecuencia en el cual trabajara el Inhibidor de Banda 4, el cual será la frecuencia 2120MHz.

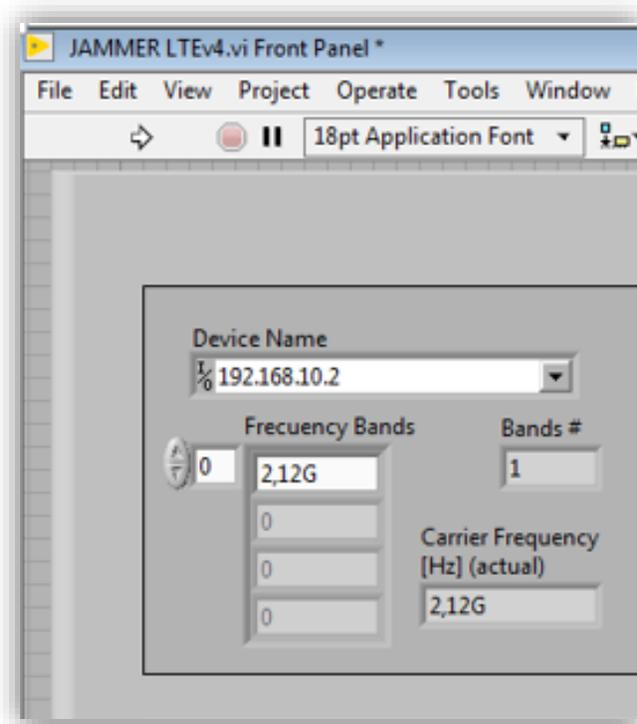


Figura 33: Parámetros de configuración del USRP 2920 [9]

En la segunda parte de la configuración vamos establecer los datos de muestreo para el filtro que se emplea en la modulación QPSK

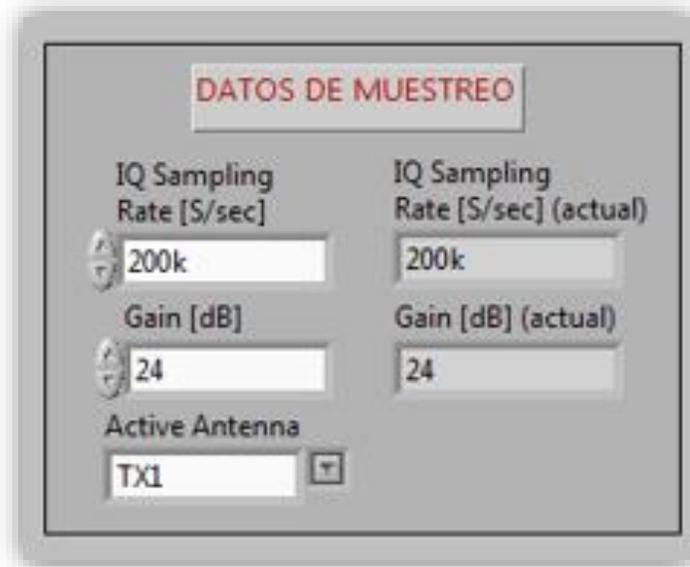


Figura 34: Datos de Muestra [9]

Regresamos al parte superior donde encontraremos el tipo de filtro que se usará en este caso en la Opción de TX Filter, seleccionaremos Raised Cosine (Coseno Elevado) el cual dará una mejor grafica o constelación en nuestra grafica que se mostrará posteriormente, en la opción de Alpha y Filter Length no se cambiarán los parámetros ya que no es necesario modificar el rango de propagación de nuestra señal inhibidora.

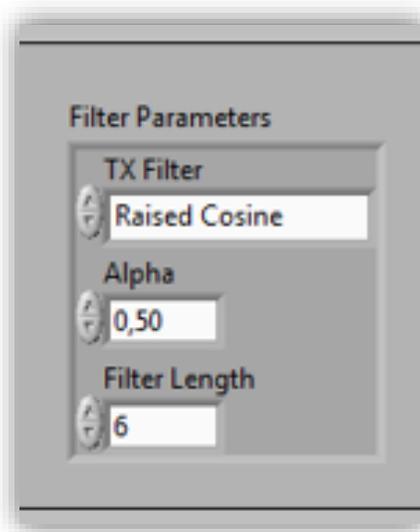


Figura 35: Filtro de parámetros de modulación PSK [9]

Pasamos a cuadro de control de propiedades en Formato QPSK donde se elegirá la cantidad de símbolos, por ejemplo, en relación la cantidad de muestras que se configuraron anteriormente, la opción de PSK Type, se elegirá Shifted (desfasado) esto para que la señal enviada en la portadora produzca la anulación de la señal que es enviada por el Operador Celular en este caso CNT.

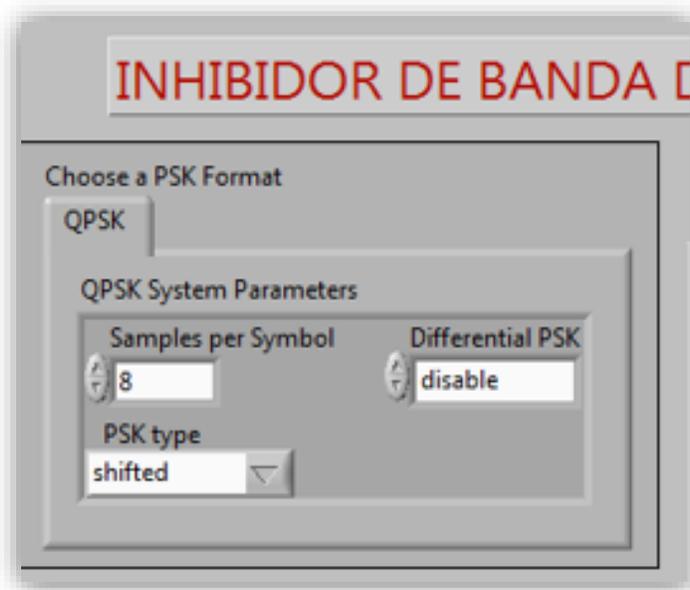


Figura 36: Parámetros del sistema en QPSK [9]

En muestra por Símbolo debemos colocar el número 12, en este paso el tamaño de muestras se usa con Pn Sequence Order de 12 cuando usamos una conexión Ethernet de 1 Gb en los equipos USRP



Figura 37: Muestra por símbolo [9]

A continuación se muestra como es el funcionamiento de la programación en bloques en la ventana de Block Diagram de nuestro VI, primero encontramos el bloque de inicio de sesión de la transmisión del equipo USRP 2920 con el nombre de niUSRP Open Tx Session.vi, del cual se conecta un control el cual se denomina Device Name el cual tendrá la función de introducir la IP del Equipo USRP 2920, adicional, se muestran indicadores y controles para poder configurar los parámetros del inhibidor, a continuación se representa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

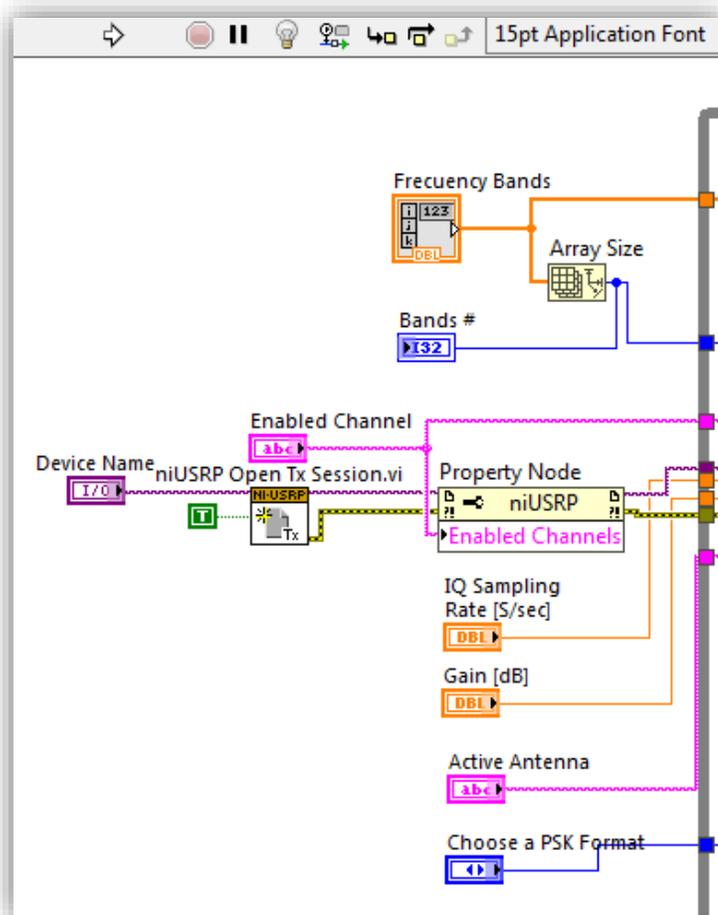


Figura 38: Programación por Bloques [9]

Continuamos con la configuración de un Case Structure el cual indicamos los parámetros para la modulación QPSK.

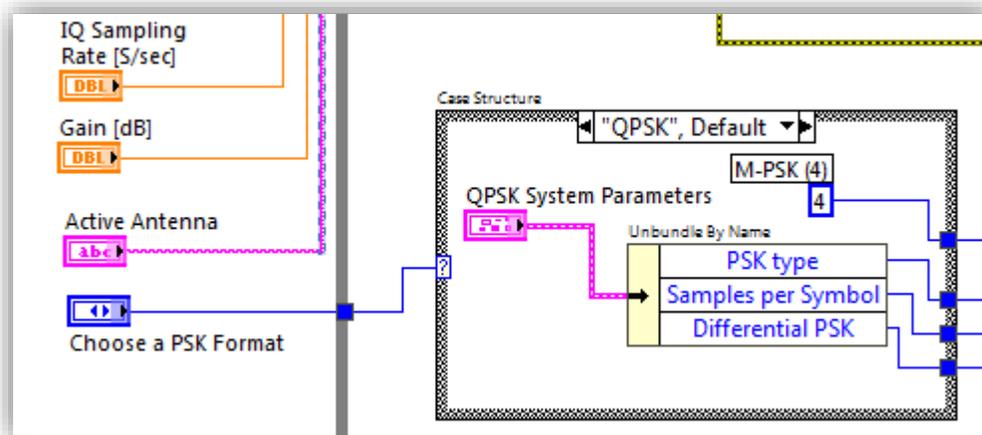


Figura 39: Configuración de Parámetro QPSK [9]

Identificación del subVI niUSRP Configure Signal.vi, configura las propiedades de la señal de transmisión (Tx) o de recepción (Rx).

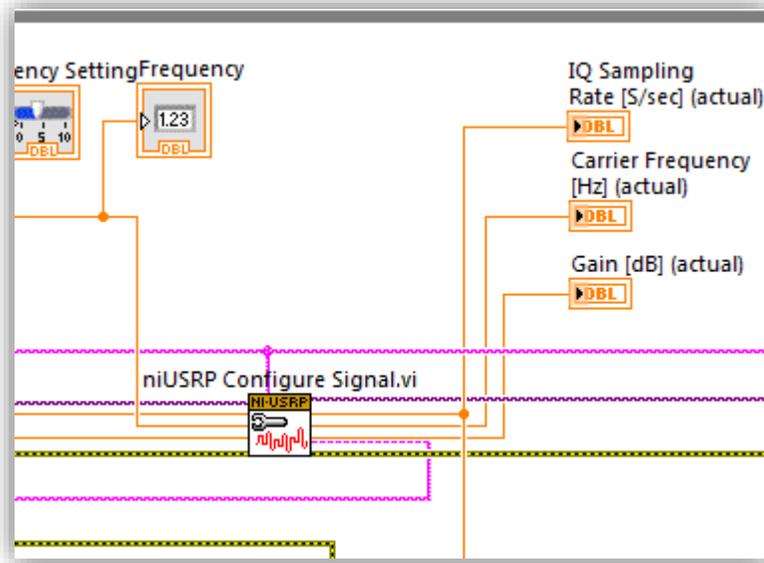


Figura 40: niUSRP Configure Signal.vi [9]

El subVI MT Generate System Parameters.vi, calcula los parámetros para usar con VIs de modulación y demodulación

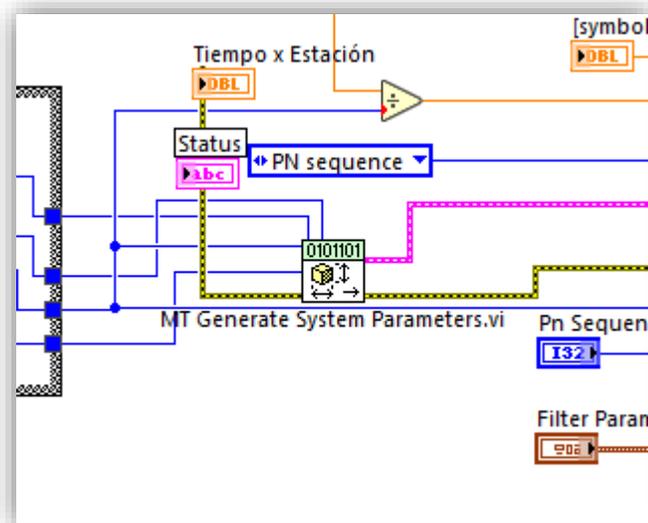


Figura 41: MT Generate System Parameters.vi [9]

Escritura de datos de transmisión, el subVI niUSRP Write Tx Data, escribe datos en la lista de canales especificada o un grupo de datos complejos de punto de doble precisión en el canal especificado. El Kit de herramientas de modulación de los VI utilizan el tipo de datos de clúster de punto flotante complejo de doble precisión.

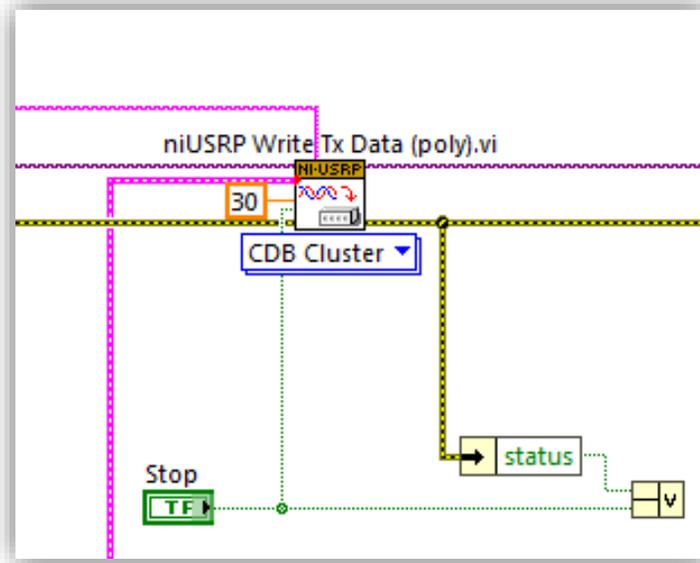


Figura 42: niUSRP Write Tx Data [9]

Para visualizar la constelación que se forma al usar la modulación PSK, tenemos el subVI Mt Format Constellation.vi, el cual prepara una señal para ser mostrada como gráfico, los símbolos detectados y adicional detecta las transiciones entre cada símbolo ingresado

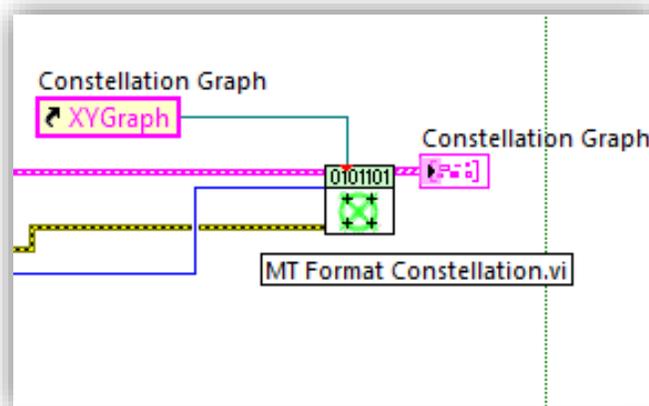


Figura 43: Mt Format Constellation.vi [9]

Finalmente se cierra la transmisión de la señal con el **subVI niUSRP Close Session VI**, el cual cierra el controlador del dispositivo

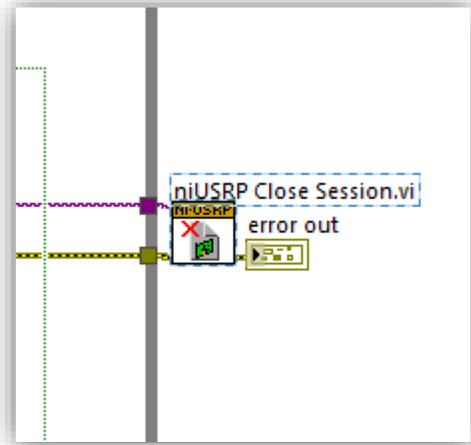


Figura 44: niUSRP Close Session VI [9]

10. Visualización de la constelación QPSK generada por el algoritmo, el cual se transmite por el USRP 2920 y realiza la inhibición de la banda 4.

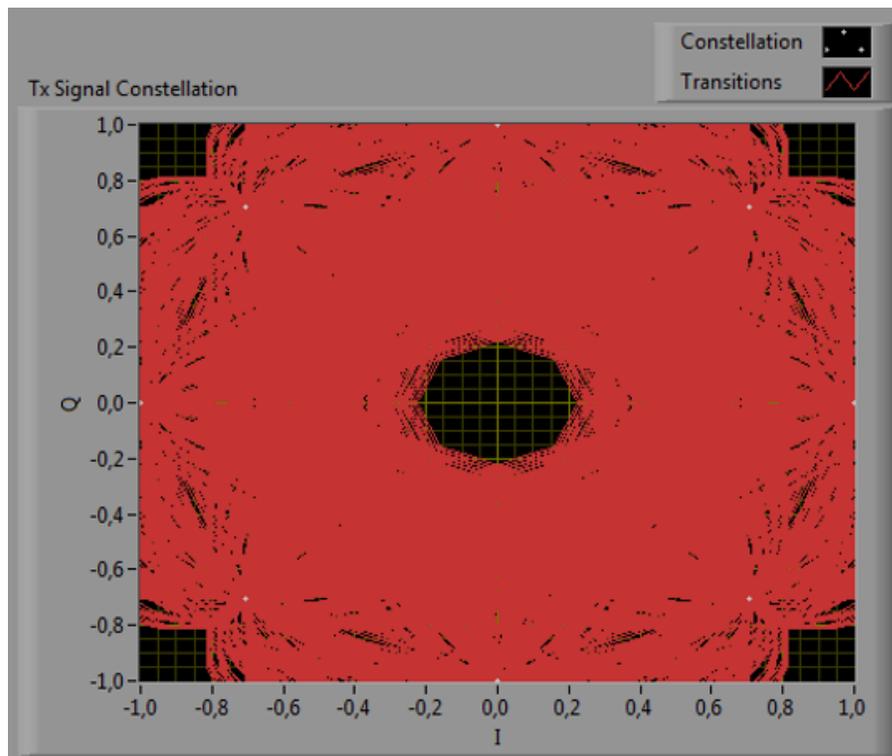


Figura 45: Constelación de la señal transmitida. [9]

Resultados

4.2 Prueba No. 1

La primera prueba se realizará en la banda de frecuencias que está asignada al operador del estado, Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) en la banda de 1720 - 2120 MHz, se empieza por setear la frecuencia en el rango antes mencionado

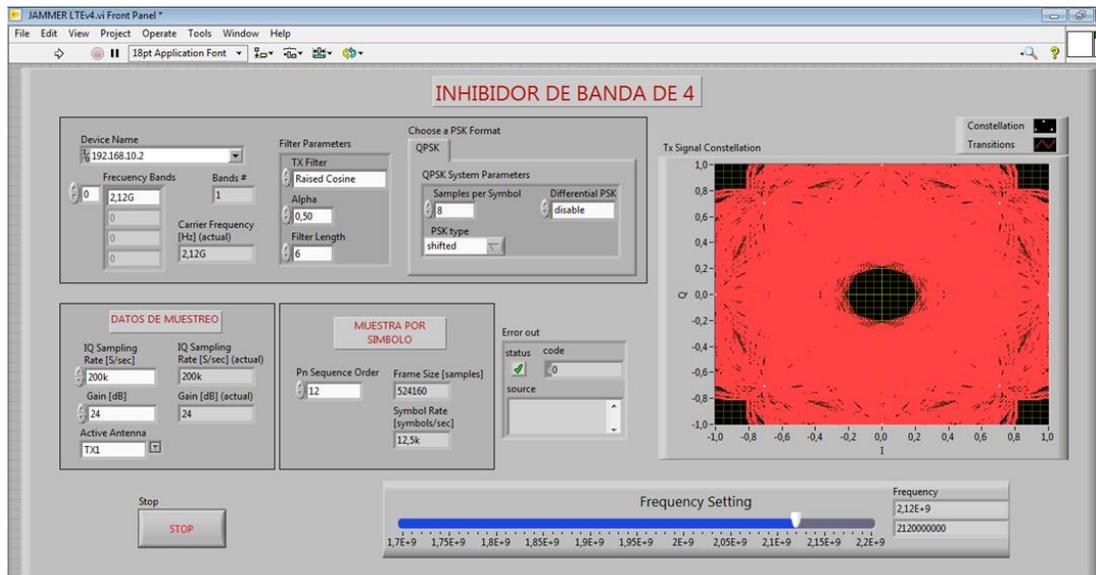


Figura 46: VI Jammer LTE operativo en frecuencia 2120 Mhz [39]



Figura 47: Chip CNT LTE. [39]



Figura 48: Visualización de App LTE Discovery. [39]

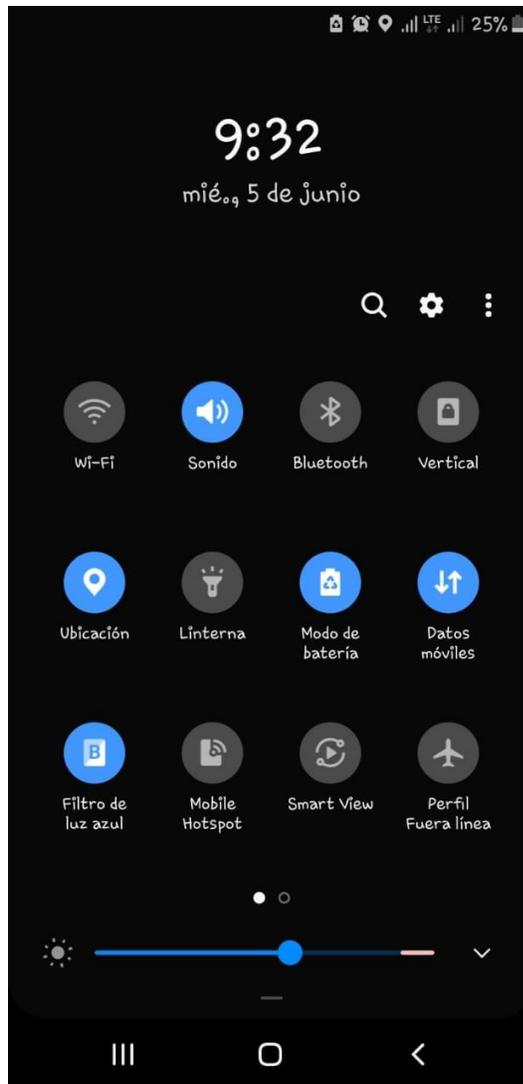


Figura 49: Activación del GPS del Celular. [39]

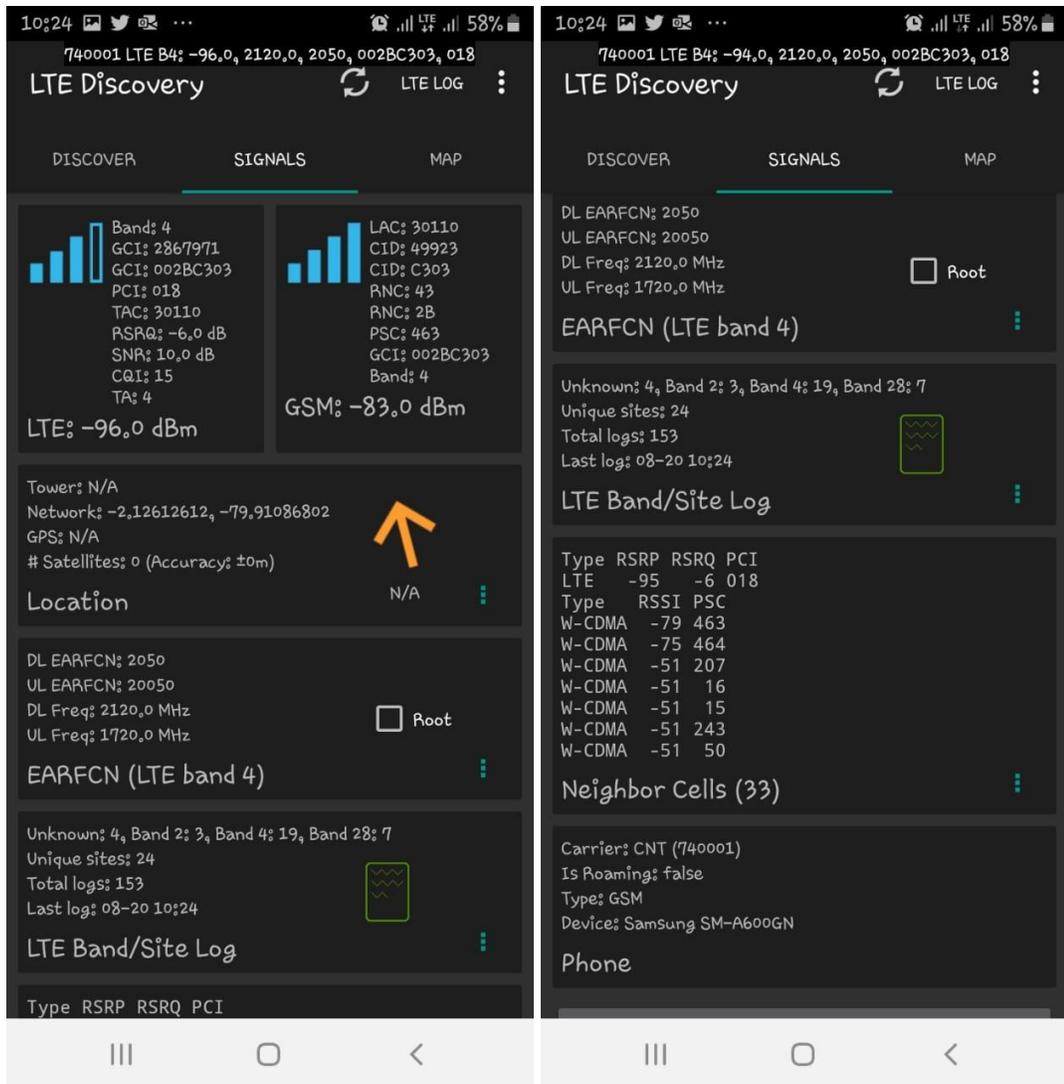


Figura 50: Visualización del App LTE Discovery de Portadora de CNT en banda 4. [39]

Evidenciamos como se cambia la banda 4 a banda 2 inhibiendo la banda 4 totalmente.



Figura 51: Visualización del App LTE Discovery en Portadora de CNT en banda 2. [39]

4.2.1 Resultados de prueba 1 Inhibición de banda 4 operadora CNT 1720Mhz - 2120Mhz.

El resultado en la prueba 1 del inhibidor de banda 4, correspondientes a la portadora de la Operadora CNT de 2120Mhz en Downlink, con el dispositivo celular con el Chip de la operadora mencionada, verificamos en el APP descargado “LTE Discovery” antes de poner en funcionamiento el VI con el USRP nos muestra los parámetro de la Portadora en banda 4, Luego de ser iniciado el VI se visualiza como los parámetros de Banda 4 son cambiados por parámetros en banda 2, los cuales se mantienen hasta 2

min después de poner en STOP el VI debido a la potencia del amplificador el cual es de 3 Db y la señal del USRP pierda su transmisión en el aire, tiene una rango de distancia de 10 metros a la redonda aproximadamente, ya que se usó una antena Omnidireccional

4.3 Prueba No. 2

La segunda prueba se realizó con el operador privado CLARO en la banda 1740 – 2140 MHz

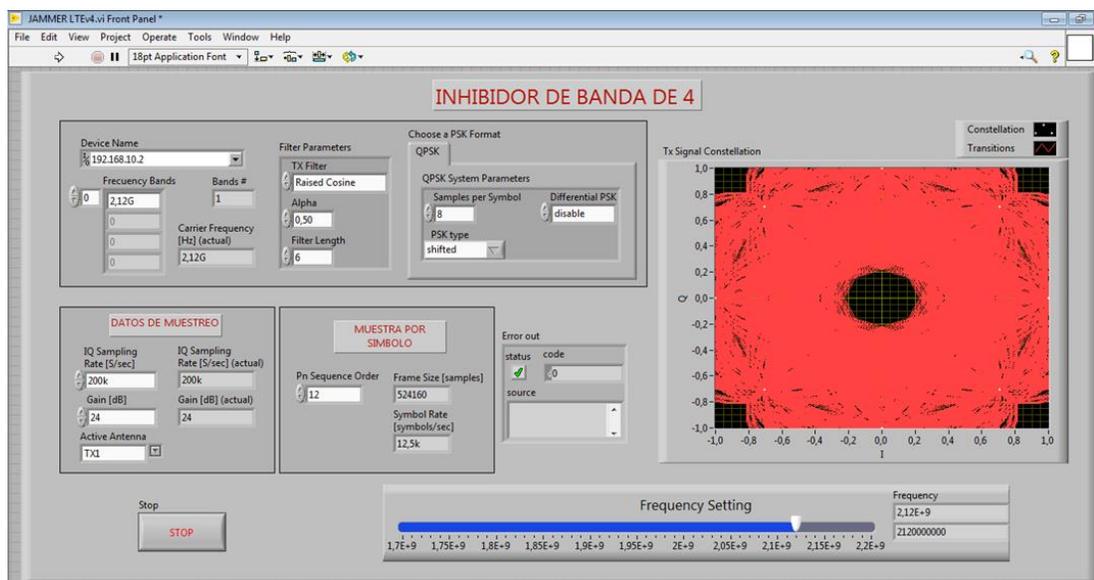


Figura 52: VI Jammer LTE operativo en frecuencia 2140 Mhz. [39]



Figura 53: Chip CLARO LTE. [39]

Seleccionamos la aplicación LTE Discovery en ubicado en nuestro dispositivo móvil.



Figura 54: Visualización de App LTE Discovery. [39]

Debemos habilitar la opción de GPS para poder ubicar el nodo más cercano por medio de la aplicación.

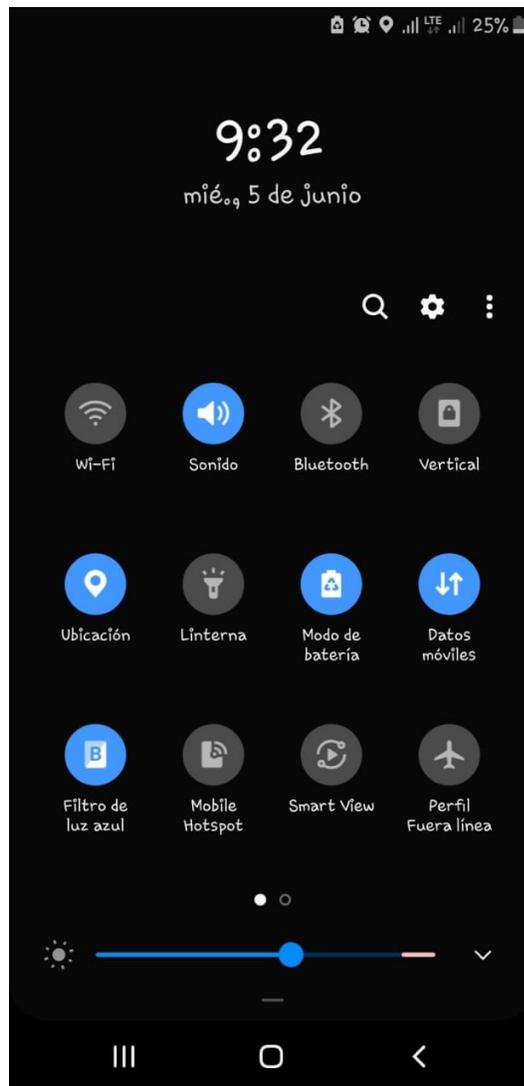


Figura 55: Activación del GPS del Celular. [39]

Dentro de la aplicación podemos verificar en la parte superior izquierda, en que banda se está recibiendo la señal celular, en la parte del medio encontraremos las frecuencias en Downlink y Uplink de la portadora de la operadora celular que se está monitoreando

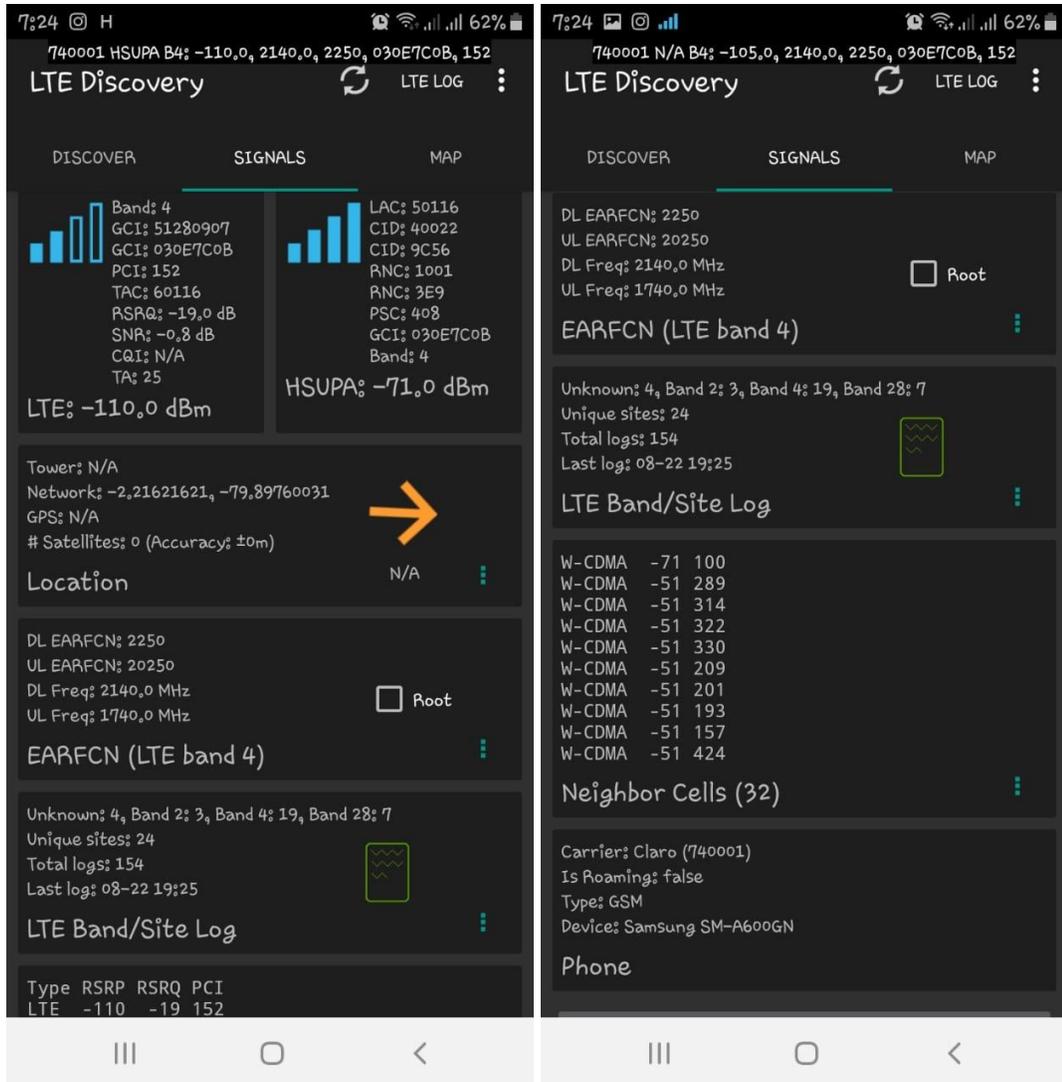


Figura 56: Visualización del App LTE Discovery de Portadora de CLARO en banda 4. [39]

Evidenciamos como se cambia la banda 4 a banda 2 inhibiendo la banda 4 totalmente.

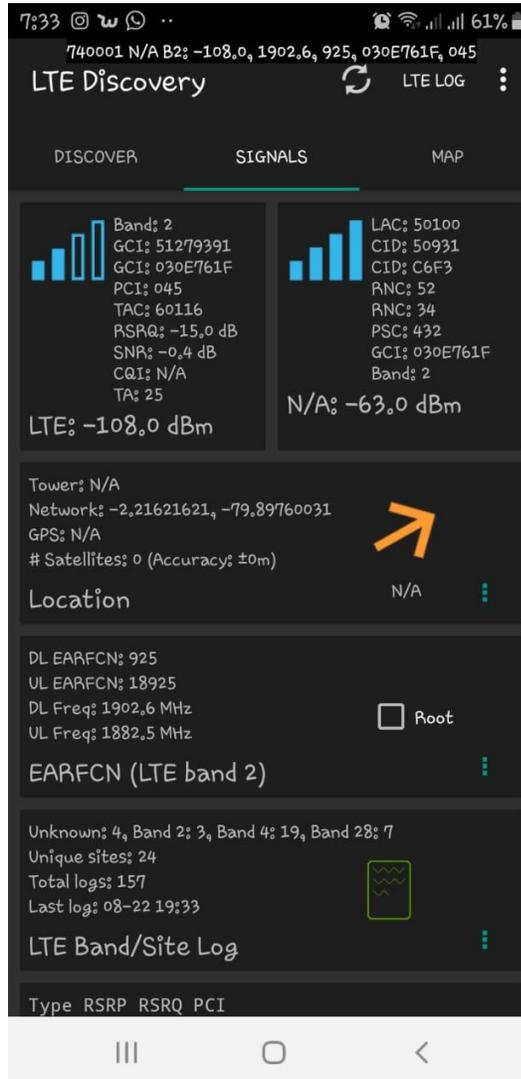


Figura 57: Visualización del App LTE Discovery en Portadora de CLARO en banda 2.

[39]

4.3.1 Resultados de Prueba 2 inhibición de band 4 operadora CLARO 1740Mhz – 2140Mhz

El resultado en la prueba 2 es muy parecida a la prueba 1 del inhibidor de banda 4, con diferencia portadora de la Operadora CLARO de 2140 Mhz en Downlink, se utiliza el dispositivo celular con el Chip de la operador CLARO en esta ocasión, verificamos en el APP descargado “LTE Discovery” antes de poner en funcionamiento el VI con el USRP

nos muestra los parámetro de la Portadora en banda 4, Luego de ser iniciado el VI se visualiza como los parámetros de Banda 4 son cambiados por parámetros en banda 2, los cuales se mantienen inhibido un aproximado de 30 segundos después de poner en STOP el VI debido a la potencia del amplificador el cual es de 3 dB y la señal del USRP pierda su trasmisión en el aire, pero con la portadora de claro se realiza el Handover de la banda mucho más rápido debido a la cercanía del Nodo que proporciona la señal de igual manera y debido a la potencia del amplificador el cual es de 3 Db y la señal del USRP pierda su trasmisión en el aire, tiene una rango de distancia de 10 metros a la redonda aproximadamente, ya que se usó una antena Omnidireccional.

Conclusiones

- Logramos la identificación y estudio de las herramientas o sub VI del software LabView para poder realizar el algoritmo de nuestro prototipo y realizar las pruebas respectivas dando un resultado favorable y cumpliendo los objetivos específicos
- Las pruebas de entre la interfaz y el equipo USRP 2920, se deben realizar por medio del cable de red en conjunto con el software adicional llamado NI-USRP Configuration Utility el cual se lo puede descargar de la página web www.ni.com, por medio de este programa podemos realizar la conexión y sincronización del equipo USRP.
- El sistema Propuesto y desarrollado en este proyecto, en la actualidad cuenta con equipos comerciales los cuales son más utilizados en Agencias Bancarias para el control filtración de información, estos equipos son construidos con elementos electrónicos y seteados en las portadoras de cada operador Celular y de acuerdo a lo descrito anteriormente son de una potencia mucho mayor a los 3 watts del prototipo que se obtuvieron con la ayuda del amplificador de potencia, que inicialmente no estaba previsto.
- Logrado la creación del VI para la inhibición de la Banda 4 la cual comprende desde los 1700 Mhz – 2100 Mhz, verifico que la potencia del USRP 2920 es muy

baja y tenía un rango máximo de 1 metro de distancia, se toma la opción de usar un amplificador de alta potencia existente en el laboratorio de telecomunicaciones, la única limitante del mismo es que su rango de frecuencias trabaja desde los 2000Mhz hasta 8000Mhz lo que impide realizar pruebas en la Frecuencias de 1700Mhz Uplink, con este agregado se pudo ampliar el rango de cobertura hasta aproximadamente 10 metros a la redonda.

- Al tener todo los elementos conectados y el algoritmo configurado con los parámetros de cada operadora se realizan 2 pruebas individuales, la primera se realiza con la Operadora CNT con Banda 4 comprendida desde 1720Mhz - 2120 Mhz, se inicia el algoritmo, verificando en nuestro móvil la Aplicación LTE Discovery el cambio de banda 4 de 1720Mhz Uplink y 2120Mhz Downlink a la banda 2 el cual sería su segunda portadora que comprende desde los 1860.0 Uplink y 1880,1Mhz downlink. Demostrando el funcionamiento del prototipo
- La segunda prueba se realiza con la Operadora CLARO con Banda 4 comprendida desde 1740Mhz - 2140 Mhz, se inicia el algoritmo, verificando en nuestro móvil la Aplicación LTE Discovery el cambio de banda 4 de 1740 Mhz Uplink y 2140 Mhz Downlink a la banda 2 el cual sería su segunda portadora que comprende desde los 1882.5 MHz Uplink y 1902.6 Mhz downlink. Demostrando el funcionamiento del prototipo.

Recomendaciones

- Se recomienda que se continúe con el desarrollo de esta investigación en la banda 4, ya que se podrían realizar muchas más aplicaciones con diferentes parámetros y desarrollar un inhibidor con más elementos, como por ejemplo buscar sustituir la Aplicación LTE Discovery y realizarlo con otra aplicación o equipo como un USRP adicional que muestre la constelación o la frecuencia recibida desde el inhibidor.
- Recomiendo que se continúe con La investigación para el uso de los SubVI del software LabView ya que se podrían realizar muchas más aplicaciones al

prototipo, un ejemplo podría poder realizar la inhibición de 2 Bandas al mismo tiempo usando la conexión MIMO que cuentan los USRP.

- Para poder utilizar el App LTE Discovery se realizó una aportación económica para el desarrollador del app, ya que el app gratuito es muy limitado y se requería realizar este pago.
- Al utilizar el amplificador de alta potencia, debemos desconectarlo de la fuente de poder ya que pasada las 2 horas se calienta mucho y genera problemas con la transmisión de la señal transmitida por el mismo.

Referencias

- [1] A. Samukic, «UMTS universal mobile telecommunications system: development of standards for third generation,» *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, pp. 1099-1104, 1998.
- [2] Universidad de Sevilla, «Sistema de localización de UMTS,» 26 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11844/fichero/Cap%C3%ADtulo1.+La+Tecnolog%C3%ADa+UMTS.pdf+>.
- [3] A. Ghosh, R. Ratasuk, B. Mondal, N. Mangalvedhe y T. Thomas, «LTE-advanced: next generation wireless broadband technology,» *IEEE Wireless Communications*, pp. 10-22, 2010.
- [4] E. Inga, «La telefonía móvil de cuarta generación y Long Term Evolution,» *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, pp. 3-12, 2010.
- [5] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, «La banda de 450 MHz para LTE en América Latina: situación actual y recomendaciones de política,» 2013.
- [6] Instituto Español de Estudios Estratégicos, ieee, «4G LTE, la nueva era de las comunicaciones tácticas,» 14 Agosto 2015. [En línea]. Available: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEE087-2015_4G_LTE_ComunicacionesTacticas_J.AbrahamFdez.pdf.
- [7] International Telecommunication Union, ITU, «VHF/UHF frequency coordination,» 30 Noviembre 2018. [En línea]. Available: https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/Americas/Documents/Presentations_Guatemala/COMTELCA%20VHFUHF%20Coordination%20Meeting.pdf.
- [8] 4G Americas, «3G, 4G. Donde está la región americana,» 18 Agosto 2014. [En línea]. Available: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Americas/Documents/EVENTS/2014/0819-PA-IMT/BOB%20CALAF_ITU%20Foro%20Regional%20IMT%20\(Final\).pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Americas/Documents/EVENTS/2014/0819-PA-IMT/BOB%20CALAF_ITU%20Foro%20Regional%20IMT%20(Final).pdf).
- [9] S. O. Ponce Rodríguez, «Ilustraciones, tablas y equipos». 10 07 2019.
- [10] Universidad de Sevilla, «Técnicas de acceso múltiple. OFDMA y SC-FDMA,» 11 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12081/fichero/OFDMA+y+SC-FDMA+en+la+Interfaz+Radio+de+LTE%252F4.+T%C3%A9cnicas+de+acceso+m%C3%BAltiple.+OFDMA+y+SC-FDMA.pdf>.

- [11] Gobierno de India, «Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Techonology,» 30 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://tec.gov.in/pdf/Studypaper/Test%20Procedure%20EM%20Fields%20From%20BTS%20Antennae.pdf>.
- [12] Universidad de Sevilla, «Estudio de Sistemas MIMO a través de Técnicas de Procesado de Señal y Teoría de la Información . Sistemas con múltiples Antenas,» 11 Novimebre 2018. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70143/fichero/capitulo2.pdf>.
- [13] Universidad de Valencia, «Fundamentos de Modulación,» 2012. [En línea]. Available: <http://informatica.uv.es/iiguia/TSTD/presentatema2.pdf>.
- [14] Universidad Tecnológica Nacional, «Cap. 3.1. Transmisión de modulación de amplitud,» 30 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/Aplicada/Cap03ModulacionAM1.pdf>.
- [15] j. Briceño, Transmisión de datos, Mérida: Facultad de Ingiería, ULA, 2005.
- [16] J. Rodríguez y S. Clavijo, Modulación de Señales Digitales, Sevilla: Universidad de Sevilla, 1995.
- [17] EcuRed, «Conversión analógica digital,» 30 Noviembre 2018. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Conversi%C3%B3n_Anal%C3%B3gica_Digital.
- [18] E. Cortés, «La radio digital,» *Revista latinoamericana de comunnicación, CHASQUI*, pp. 70-77, 2005.
- [19] W. Tomasi, Electronic Communications System, Phoenix: Pentice Hall, 2001.
- [20] M. Bonet, «La radio digital, estándares tecnológicos y plataformas de distribución,» *Lecciones del portal*, 2007.
- [21] Universidad Don Bosco, «Modulación PSK,» 30 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-comunicacion-ii/2011/ii/guia-7.pdf>.
- [22] Universidad de las Americas Puebla, «Introducción a la técnicas de Modulación Digital,» 30 Noviembre 2018. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/alvarado_s_ja/capitulo2.pdf.
- [23] M. A. «blogspot,» 9 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://telecomunicaciones-miguel-angel-sp.blogspot.com/2013/11/32-tecnicas-de-modulacion-digital.html>. [Último acceso: 31 08 2019].

- [24] G. Villa y K. Rojas, «Multiplexión por división de fases ortogonales rotadas MDFOR,» *Revista electrónica de Estudios Telemáticos*, pp. 1-14, 2009.
- [25] D. Starovoytova, E. Ataro y S. Sitati, «Design and Testing of a mobile phone jammer,» *Innovative systems design and engineering*, pp. 7-18, 2016.
- [26] K. Grover, A. Lim y Q. Yang, «Jamming and anti-jamming techniques in wireless networks: a survey,» *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, pp. 197-215, 2014.
- [27] A. El-Mahdy, «Partial band jamming of multicarrier frequency/binary phase shift keying receiver over a Rayleigh fading channel with imperfect channel estimation,» *IET Communications*, pp. 285-294, 2010.
- [28] S. Chowdhury, S. Sodagari, R. McGwier y C. Clancy, «Performance impact of asynchronous off-tone jamming attacks against OFDM,» de *2013 IEEE International Conference on communications (ICC)*, Budapest, 2013.
- [29] R. Muraleedharan y L. Osadciw, «Jamming attack detection and countermeasures in wireless sensor network using ant system,» *Proceedings of SPIE - The international society for optical engineering*, 2006.
- [30] S. Mighani, M. Mivehchy y M. Sabahi, «Evaluating sweep noisy barrage jamming effect on tracking radar based on functioning destruction time,» de *2014 7th International Symposium on telecommunications*, Tehran, 2014.
- [31] A. Mpitiopoulos, D. Gavalas, G. Pantziou y C. Konstantopoulos, «Defending wireless sensor networks from jamming attacks,» de *2007 IEEE 18th International Symposium on personal, indoor and mobile radio communications*, Athens, 2007.
- [32] H. Pirzadeh, M. Razavizadeh y E. Bjornson, «Subvertign massive mimo by smart jamming,» *IEEE wireless communication letters*, pp. 1-4, 2015.
- [33] Tactical Security, «tacticalsecurity,» 27 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.tacticalsecurity.net/ec/bloqueador-75-watt-celular-4g-high-performance/>. [Último acceso: 02 Septiembre 2019].
- [34] M. Support, «3GPP,» 13 04 2016. [En línea]. [Último acceso: 12 07 2019].
- [35] Intel, «Intel,» Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.intel.com/content/dam/support/us/en/documents/mini-pcs/NUC8i3BE_NUC8i5BE_NUC8i7BE_TechProdSpec.pdf.
- [36] National Instrumens, «USRP-2920 Specifications,» 17 Mayo 2017. [En línea].
- [37] MiniCircuits, «Mini-Circuits,» 11 10 2018. [En línea]. Available: www.minicircuits.com.

[38] Waveshare, «Waveshare,» 31 Julio 2019. [En línea]. Available: [https://www.waveshare.com/wiki/7inch_HDMI_LCD_\(C\)](https://www.waveshare.com/wiki/7inch_HDMI_LCD_(C)). [Último acceso: 15 Agosto 2019].

[39] S. O. Ponce Rodríguez, «Pruebas de Laboratorio». Ecuador Junio 2019.

Anexos

Anexo 1: EUTRAN Channel numbers.

E-UTRA Operating Band	Downlink			Uplink		
	F _{DL_low} [MHz]	N _{Offs-DL}	Range of N _{DL}	F _{UL_low} [MHz]	N _{Offs-UL}	Range of N _{UL}
1	2110	0	0 – 599	1920	18000	18000 – 18599
2	1930	600	600 – 1199	1850	18600	18600 – 19199
3	1805	1200	1200 – 1949	1710	19200	19200 – 19949
4	2110	1950	1950 – 2399	1710	19950	19950 – 20399
5	869	2400	2400 – 2649	824	20400	20400 – 20649
6	875	2650	2650 – 2749	830	20650	20650 – 20749
7	2620	2750	2750 – 3449	2500	20750	20750 – 21449
8	925	3450	3450 – 3799	880	21450	21450 – 21799
9	1844.9	3800	3800 – 4149	1749.9	21800	21800 – 22149
10	2110	4150	4150 – 4749	1710	22150	22150 – 22749
11	1475.9	4750	4750 – 4949	1427.9	22750	22750 – 22949
12	729	5010	5010 – 5179	699	23010	23010 – 23179
13	746	5180	5180 – 5279	777	23180	23180 – 23279
14	758	5280	5280 – 5379	788	23280	23280 – 23379
...						
17	734	5730	5730 – 5849	704	23730	23730 – 23849
18	860	5850	5850 – 5999	815	23850	23850 – 23999
19	875	6000	6000 – 6149	830	24000	24000 – 24149
20	791	6150	6150 – 6449	832	24150	24150 – 24449
21	1495.9	6450	6450 – 6599	1447.9	24450	24450 – 24599
22	3510	6600	6600-7399	3410	24600	24600-25399
23	2180	7500	7500 – 7699	2000	25500	25500 – 25699
24	1525	7700	7700 – 8039	1626.5	25700	25700 – 26039
25	1930	8040	8040 – 8689	1850	26040	26040 – 26689
26	859	8690	8690 – 9039	814	26690	26690 – 27039
27	852	9040	9040 – 9209	807	27040	27040 – 27209
28	758	9210	9210 – 9659	703	27210	27210 – 27659
29 (NOTE 2)	717	9660	9660 – 9769	N/A		
30	2350	9770	9770 – 9869	2305	27660	27660 – 27759
31	462.5	9870	9870 – 9919	452.5	27760	27760 – 27809
32 (NOTE 2)	1452	9920	9920 – 10359	N/A		
33	1900	36000	36000 – 36199	1900	36000	36000 – 36199
34	2010	36200	36200 – 36349	2010	36200	36200 – 36349
35	1850	36350	36350 – 36949	1850	36350	36350 – 36949
36	1930	36950	36950 – 37549	1930	36950	36950 – 37549
37	1910	37550	37550 – 37749	1910	37550	37550 – 37749
38	2570	37750	37750 – 38249	2570	37750	37750 – 38249
39	1880	38250	38250 – 38649	1880	38250	38250 – 38649
40	2300	38650	38650 – 39649	2300	38650	38650 – 39649
41	2496	39650	39650 – 41589	2496	39650	39650 – 41589
42	3400	41590	41590 – 43589	3400	41590	41590 – 43589
43	3600	43590	43590 – 45589	3600	43590	43590 – 45589
44	703	45590	45590 – 46589	703	45590	45590 – 46589
45	1447	46590	46590 – 46789	1447	46590	46590 – 46789
46 (NOTE 3)	5150	46790	46790 – 54539	5150	46790	46790 – 54539
65	2110	65536	65536 – 66435	1920	131072	131072 – 131971
66 (NOTE 4)	2110	66436	66436 – 67335	1710	131972	131972 – 132671
67 (NOTE 2)	738	67336	67336 – 67535	N/A		
68	753	67536	67536 – 67835	698	132672	132672 – 132971

NOTE 1: The channel numbers that designate carrier frequencies so close to the operating band edges that the carrier extends beyond the operating band edge shall not be used. This implies that the first 7, 15, 25, 50, 75 and 100 channel numbers at the lower operating band edge and the last 6, 14, 24, 49, 74 and 99 channel numbers at the upper operating band edge shall not be used for channel bandwidths of 1.4, 3, 5, 10, 15 and 20 MHz respectively.



TS9737

BLOQUEADOR

75 WATT CELULAR

4G HIGH PERFORMANCE

Potente inhibidor de señales de telefonía móvil para el resguardo de la seguridad y confidencialidad en ámbitos privados.



- Descripción
- Características Técnicas

BLOQUEADOR 75 WATT CELULAR 4G HIGH PERFORMANCE



El Bloqueador 75 Watt Celular 4G High Performance es uno de los dispositivos más potentes para la inhibición de recepción de señales de teléfonos móviles en ambientes cerrados como salas de reunión, almacenes o cualquier otro lugar donde se desee preservar la confidencialidad o seguridad como prisiones, reclusorios, campos de explotación petrolífera o de la industria química o militar.

Con un alcance de bloqueo de hasta 150 metros, dependiendo de las condiciones del ambiente y de su ubicación respecto a las fuentes emisoras, este dispositivo cuenta con uno de los mayores rangos de cobertura para este tipo de equipos.



C

Características Especiales:

- Sistema de bloqueo de las frecuencias de bandas de bajada, nunca la banda de subida.
- Instalación simple y rápida.
- Potencia ajustable.
- Control individual de cada banda de bloqueo o trabajo en simultáneo.
- Sistema de ventilación incorporado que le permite trabajar las 24 horas de manera continua.
- Armazón de metal a prueba de sabotaje e inclemencias climáticas.

El rango de bloqueo depende de los siguientes factores:

- Potencia del transmisor a bloquear.
- Distancia entre la Torre Emisora del Transmisor y el Bloqueador.
- Obstáculos entre la Torre Emisora del Transmisor Celular y el Bloqueador.

Generalmente, en zonas céntricas de grandes ciudades con alta densidad de torres celulares, se debe calcular la tercera parte o la mitad de su máximo alcance.



www.tacticalsecurity.net
E-mail: info@tacticalsecurity.net

BLOQUEADOR 75 WATT CELULAR 4G HIGH PERFORMANCE



Su instalación es sumamente sencilla, en cuestión de minutos el equipo puede ser colocado en una pared garantizando el bloqueo de todo tipo de señal de telefonía celular de manera inmediata.

El **Bloqueador 75 Watt Celular 4G High Performance** cuenta además con la posibilidad de controlar cada una de las bandas de manera independiente o configurarlas para que trabajen en simultáneo.

Este dispositivo ha sido diseñado para que pueda utilizarse en cualquier lugar del continente americano bloqueando de manera efectiva las bandas de frecuencia utilizadas por los teléfonos móviles de todas las generaciones.

El **Bloqueador 75 Watt Celular 4G High Performance** se encuentra protegido de las inclemencias climáticas y cualquier tipo de sabotaje gracias a su armazón de metal especialmente diseñada. El sistema incorpora además un sistema de ventilación inteligente que le permite trabajar durante las 24 horas del día, durante los 365 días del año incluso en altas temperaturas sin problemas.

Incluye alguno de los siguientes modelos de gabinetes metálicos, ya que ambos cumplen con la misma función.



Características Técnicas

Potencia:	75 Watt
Frecuencia de bloqueo: (solicitadas por el usuario)	850-900 MHz, 920-965 MHz, 1710-1770 MHz, 1900-1990 MHz, 2100-2170 MHz.
Adaptador externo AC:	110V / 220V DC24V
Armazón:	Metal reforzado (50 x 24 x 38 cm)
Sistema de ventilación:	Inteligente con filtros de aire incorporados
Protección a prueba de agua:	IP55
Dimensiones del bloqueador:	376 x 181 x 84 mm

Las especificaciones de este bloqueador pueden variar por requerimientos del cliente o por actualización propia de la tecnología sin previo aviso.

www.tacticalsecurity.net

E-mail: info@tacticalsecurity.net



**TACTICAL
SECURITY**

Anexo 3: Fotografías:

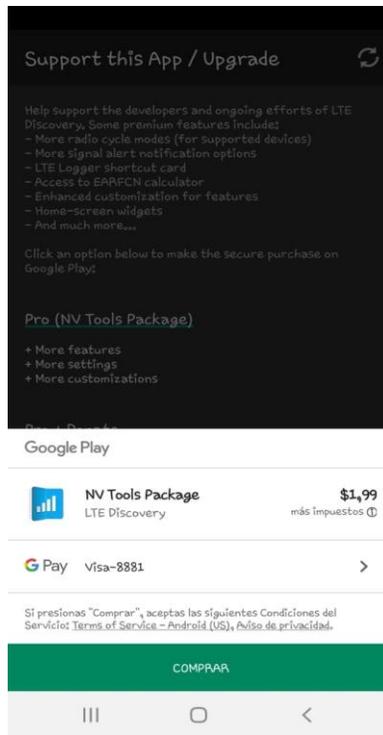


Figura anexo 1: Compra de NV Tools Package del App LTE Discovery



Figura anexo 2: elementos conectados en el Laboratorio de Telecomunicaciones.