



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO GENERADOR DE INTERFERENCIAS EN
LA FRECUENCIA DE 2.4GHZ PARA EL DESARROLLO EDUCATIVO
DE LA FACULTAD**

MODALIDAD:

PROPUESTA TECNOLÓGICA

AUTOR:

JOSUÉ GUILLERMO PLAZA LUCAS

CARRERA:

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PROFESOR O TUTOR SUGERIDO:

ING. LUIS MIGUEL AMAYA FARIÑO, Mgt

LA LIBERTAD - ECUADOR

2021-2

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de concluir con este anhelado proyecto, por haberme dado la fortaleza para seguir adelante y todo lo que soy como persona, mis valores y principios.

A toda mi familia por gran cariño, apoyo y confianza que han depositado en mí, comprendiéndome en mi larga travesía por expandir mis conocimientos.

Finalmente, a cada docente que formó parte de mi educación y que esta tesis sea fruto de esa enseñanza y espero que este proyecto perdure dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Josué Plaza Lucas

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres pues su constante apoyo me impulsó a ser mejor persona. Las palabras de aliento a lo largo de mi vida me animan a seguir adelante. Por eso les doy todo mi esfuerzo en ofrenda por su paciencia y amor, los amo con todo mi ser.

Josué Plaza Lucas

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “Diseño de un prototipo generador de interferencias en la frecuencia de 2.4 GHz para el desarrollo educativo de la facultad” elaborado por el estudiante JOSUÉ GUILLERMO PLAZA LUCAS de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, se aprueba en toda sus partes y autorizo al estudiante para que inicie los trámites legales correspondiente.



.....

Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.

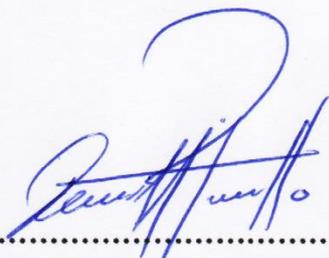
TRIBUNAL DE GRADO



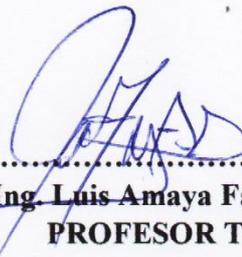
.....
Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD



.....
Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.
DIRECTOR DE CARRERA



.....
Ing. Daniel Jaramillo Chamba, Mgt.
PROFESOR DE ÁREA



.....
Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.
PROFESOR TUTOR



.....
Abg. Luis Castro Martínez, Mgs.
SECRETARIO GENERAL

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO GENERADOR DE INTERFERENCIAS EN LA
FRECUENCIA DE 2.4GHZ PARA EL DESARROLLO EDUCATIVO DE LA
FACULTAD”**

Autor: Josué Guillermo Plaza Lucas

Tutor: Ing. Luis Miguel Amaya Fariño, Mgt

RESUMEN

El estudio de las interferencias en el ámbito de las telecomunicaciones implica un punto necesario para el entendimiento de la propagación de señales y para su comprensión la aplicación práctica es de gran importancia, es por ello que se propone un dispositivo capaz de generar una señal de interferencia que pueda bloquear una parte del espectro de 2.4GHz.

Para ello es importante revisar toda la documentación relevante para realizar un buen diseño que se adapte a los requerimientos de la red, que en este caso será dedicado a los laboratorios de la universidad. La investigación experimental será un punto central para el proyecto debido a que existen componentes que requieren diferentes configuraciones para funcionar según el diseño.

Los resultados preliminares demuestran un correcto funcionamiento del equipo, en el caso de los datos comparativos con el generador externo, estas muestran una clara diferencia con respecto a la distancia de medición debido a la calidad de los componentes de ambos dispositivos.

Palabras clave: Interferencia, oscilador, alimentación

ABSTRACT

The study of interferences specially in telecommunications comprises an important aspect for the understanding of signal propagation and for this the practical application is important. That is why a device capable of generating an interference signal that may block part of the 2.4 GHz spectrum is proposed.

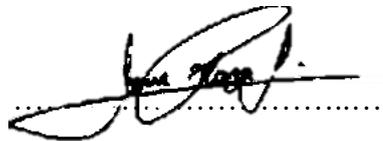
For this, it is important to review all relevant information in order to create a useful design that adapts to the requirements of the network, in this case it will be dedicated to the laboratories of the university. Experimental research will be a critical point for the project because there are components that require different configurations to function as designed.

The preliminary results show an optimal operation of the equipment, for the comparative data with the external generator, they show a clear difference with respect to the measurement distance due to the quality of the components of both devices.

Keywords: Interference, oscillator, power supply

DECLARACIÓN PATRIMONIAL

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Guillermo Plaza Lucas', is written over a horizontal dotted line.

JOSUÉ GUILLERMO PLAZA LUCAS

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I	20
GENERALIDADES DEL PROYECTO	20
1.1 ANTECEDENTES	20
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	21
1.3 OBJETIVOS	22
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.4 JUSTIFICACIÓN	23
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO.....	23
1.6 METODOLOGÍA.....	24
1.6.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	24
1.6.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.....	24
1.6.3 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
1.7 RESULTADOS ESPERADOS	25
CAPÍTULO II.....	26
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	26
2.1 MARCO CONTEXTUAL.....	26
2.2 MARCO CONCEPTUAL	27
2.2.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	27
2.2.2 INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA.....	29
2.2.2.1 TIPO DE INTERFERENCIAS.....	29
2.2.2.2 TÉCNICAS DE INTERFERENCIAS.....	30

2.2.2.2.1	INTERFERENCIA POR RUIDO EN BANDA COMPLETA	30
2.2.2.2.2	INTERFERENCIA POR RUIDO DE BANDA PARCIAL.....	31
2.2.2.2.3	INTERFERENCIA POR RUIDO DE BANDA ANGOSTA.....	31
2.2.2.2.4	INTERFERENCIA POR TONO/MULTITONO	31
2.2.2.2.5	INTERFERENCIA POR BARRIDO	31
2.2.2.2.6	INTERFERENCIA POR PULSO	31
2.2.2.2.7	INTERFERENCIA POR SEGUIMIENTO.....	32
2.3	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	32
2.3.1	IEEE 802.11.....	32
2.3.2	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL (OFDM)	33
2.3.3	ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA (DSSS)	34
2.3.4	CANALES DE WIFI	34
2.4	ANTENAS.....	36
2.4.1	PARÁMETROS DE ANTENAS	36
2.4.1.1	PATRÓN DE RADIACIÓN.....	36
2.4.1.2	DENSIDAD DE POTENCIA RADIADA	36
2.4.1.3	DIRECTIVIDAD.....	37
2.4.1.4	GANANCIA	37
2.4.1.5	POLARIZACIÓN	37
2.4.1.6	IMPEDANCIA DE ENTRADA	37
2.4.2	TIPOS DE ANTENAS	37
2.4.2.1	ANTENAS DIRECCIONALES	37
2.4.2.2	ANTENAS OMNIDIRECCIONALES	38
2.5	CIRCUITO AMPLIFICADOR OPERACIONAL	39

2.6	GENERADOR DE ONDA CUADRADA	39
2.7	OSCILADOR	40
2.7.1	OSCILADOR CONTROLADOR POR VOLTAJE (VCO).....	40
2.7.1.1	OSCILADORES LINEALES O ARMÓNICOS.....	41
2.7.1.2	OSCILADORES DE RELAJACIÓN.....	41
2.8	LÍNEA DE TRANSMISIÓN.....	41
CAPÍTULO III.....		43
DISEÑO DEL PROTOTIPO.....		43
3.1	ALIMENTACIÓN.....	44
3.1.1	TRANSFORMADOR.....	44
3.1.1.1	FUSIBLE	45
3.1.2	RECTIFICADOR	46
3.1.3	FILTRADO DE LA ENTRADA.....	47
3.1.3.1	CAPACITOR.....	48
3.1.4	REGULADOR.....	49
3.2	GENERADOR DE ONDA.....	50
3.2.1	SECCIÓN DE GENERADOR DE ONDA	50
3.2.2	CIRCUITO SUMADOR NO INVERSOR.....	52
3.2.2.1	CÁLCULO DE VOLTAJE DE SALIDA.....	53
3.3	SECCIÓN DEL OSCILADOR.....	54
3.4	AMPLIFICADOR DE RADIOFRECUENCIA	56
3.4.1	POTENCIA DE RED	56
3.4.2	SECCIÓN DE AMPLIFICADOR RF.....	57
3.5	LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE PLACA	59
3.6	DISEÑO DE CAJA PROTECTORA	61

CAPÍTULO IV	63
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	63
4.1 ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN	63
4.2 ESQUEMA DE GENERADOR DE ONDA	66
4.3 ESQUEMA DEL OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE	69
4.4 EQUIPO ENSAMBLADO	72
CAPITULO V.....	74
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	74
5.1 PRUEBAS EN SECCIÓN ALIMENTACIÓN	74
5.2 PRUEBAS EN SECCIÓN GENERADOR DE ONDA	74
5.3 PRUEBAS EN SECCIÓN VCO	75
5.3.1 ANÁLISIS CON EL SOFTWARE WIFI ANALYZER.....	75
5.3.2 ANÁLISIS CON EL EQUIPO NARDA SRM-3006	77
5.4 PRUEBAS DE COBERTURA.....	79
5.4.1 PRUEBAS CON CABLE RG316	79
5.4.2 PRUEBAS SIN CABLE RG316	82
5.5 ANÁLISIS DE GENERADOR EXTERNO	83
5.6 TABLA COMPARATIVA.....	86
5.7 RESULTADOS DE PRÁCTICAS	87
5.7.1 ELETRONICA DE ALTA FRECUENCIA	87
5.7.2 COMUNICACIONES ANALÓGICAS	89
5.7.3 COMUNICACIONES DIGITALES	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
BIBLIOGRAFÍA	93

ANEXOS	94
A1. INTEGRADO ICL8038.....	94
A2. OSCILDADOR CVCO55CC-2400-2415	101
A3. PRÁCTICA DE ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA	103
A4. PRÁCTICA DE COMUNICACIONES ANALÓGICAS	111
A5. PRÁCTICA DE COMUNICACIONES DIGITALES	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de radiofrecuencias	27
Tabla 2. Bandas superiores a radiofrecuencias	28
Tabla 3. Versiones del estándar 802.11	33
Tabla 4. Lista de canales WIFI	35
Tabla 5. Estructura del prototipo	43
Tabla 6. Disponibilidad de capacitores en el mercado	49
Tabla 7. Comparativa de VCO a 2.4GHz	55
Tabla 8. Comparativa de Amplificadores RF	58
Tabla 9. Características de FR4	60
Tabla 10. Valores de distancia de bloqueo con cable RG316	81
Tabla 11. Valores de distancia de bloqueo sin cable RG316.....	82
Tabla 12. Valores de distancia de bloqueo del generador externo	85
Tabla 13. Comparación entre generadores de interferencia	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnicas de interferencias	30
Figura 2. Señal OFDM en el espectro	34
Figura 3. Canales no interferibles en 2.4GHz	35
Figura 4. Patrón de radiación en antenas direccionales (Ejemplo de Antena Ubiquiti UniFi Directional Antenna)	38
Figura 5. Patrón de radiación en antenas omnidireccionales (Ejemplo de Antena Ubiquiti airMAX Omni 2.4GHz)	38
Figura 6. Esquemático de un amplificador operacional	39
Figura 7. Generador de onda básico en Proteus	40
Figura 8. a) VCO de audiofrecuencia, b) VCO microondas	41
Figura 9. Cable coaxial como línea de transmisión.....	42
Figura 10. Transformador con devanado central.....	44
Figura 11. Voltajes de salida en función del devanado	45
Figura 12. Fusible eléctrico	45

Figura 13. Rectificación de la onda	47
Figura 14. Filtro de condensador	48
Figura 15. Regulador de voltaje	50
Figura 16. Integrado ICL8038	51
Figura 17. Circuito sumador no inversor en Proteus	53
Figura 18. Esquemático VCO creado en Proteus	55
Figura 19. Relación del voltaje de entrada con la frecuencia de salida del VCO... 56	
Figura 20. Potencia de red y ubicación en los distintos canales del espectro presente en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad	57
Figura 21. Amplificador EDUP EP-AB003	58
Figura 22. Línea de transmisión coplanar	59
Figura 23. VCO acoplada a placa PCB en software Proteus.....	60
Figura 24. Vista superior de la caja protectora en AutoCAD.....	61
Figura 25. Vista frontal de la caja protectora en AutoCAD	61
Figura 26. Diseño 3D de la caja protectora en AutoCAD	62
Figura 27. Esquema de Alimentación realizado en Proteus	63
Figura 28. Señal de salida del circuito de alimentación	64
Figura 29. Construcción de la etapa de alimentación.....	65
Figura 30. Diseño PCB del circuito alimentación	65
Figura 31. Circuito de alimentación ensamblado	66
Figura 32. Esquema de generador de onda en Proteus	67
Figura 33. Señal de salida del circuito de generador de onda	68
Figura 34. Diseño PCB de generador de onda.....	68
Figura 35. Circuito de generador de onda ensamblado	69
Figura 36. Esquema del circuito VCO.....	70
Figura 37. Diseño PCB del circuito VCO	70
Figura 38. Circuito VCO ensamblado	71
Figura 39. Equipo ensamblado	72
Figura 40. Equipo armado en su totalidad	73
Figura 41. Medición de los voltajes de salida	74
Figura 42. Señal de salida del generador en Osciloscopio Digital DS0138	75

Figura 43. Redes disponibles en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad (Antes).....	76
Figura 44. Redes disponibles en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad (Después)	77
Figura 45. Estado del espectro antes del encendido del prototipo.....	78
Figura 46. Estado del espectro después del encendido del prototipo	79
Figura 47. Efectividad del prototipo con cable RG316 en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad	80
Figura 48. Prueba de distancia de bloqueo con cable RG316	81
Figura 49. Efectividad del prototipo sin cable RG316 en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad	82
Figura 50. Prueba de distancia de bloqueo sin cable RG316	83
Figura 51. Espectro después del encendido del generador externo	84
Figura 52. Efectividad del generador externo	85
Figura 53. Prueba de distancia de bloqueo del generador externo	86
Figura 54. Medición del generador sin el amplificador de señal.....	88
Figura 55. Medición del generador con el amplificador de señal.....	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Relación de voltaje y corriente	45
Ecuación 2. Voltaje máximo en la carga	47
Ecuación 3. Capacitancia de filtro	48
Ecuación 4. Frecuencia obtenida en el ciclo de trabajo	52
Ecuación 5. Ley de Kirchhoff en la terminal no inversora.....	53
Ecuación 6. Voltaje en la terminal no inversora.....	53
Ecuación 7. Ley de Kirchhoff en la terminal inversora.....	53
Ecuación 8. Voltaje en la terminal inversora.....	54
Ecuación 9. Voltaje de salida del amplificador	54

ABREVIATURAS

AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa o continua
DSSS	Espectro ensanchado por secuencia directa
EMI	Interferencias electromagnéticas
FHSS	Espectro ensanchado por salto de frecuencia
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
MFA	Autenticación multi factor
MIMO	Múltiples entradas, múltiples salidas
OFMD	Multiplexación por división de frecuencias ortogonales
OPAMP	Amplificador operacional
PCB	Circuito impreso
SMD	Componente de montaje superficial
UL	Underwriters Laboratories
VCO	Oscilador controlado por voltaje
WIFI	Fidelidad inalámbrica

INTRODUCCIÓN

Con el constante avance tecnológico el camino por expandir los conocimientos nunca acaba y la ingeniería en electrónica y telecomunicaciones no es la excepción, los estudiantes pertenecientes a esta carrera deben entender que el conocimiento no está solo en la teoría sino también en la práctica, es por ello que la propuesta de un dispositivo con el cual los estudiantes puedan tener un mejor panorama de lo que son las telecomunicaciones representa una necesidad en la carrera.

El dispositivo en cuestión tiene más relación con lo que son las telecomunicaciones y uso de estas, por lo que un generador de interferencias sería perfecto para desarrollar temas como las redes, propagación de ondas, y funcionamiento de diferentes componentes electrónicos. Pero al ser un generador de interferencias hay que establecer casos específicos de uso para evitar inconvenientes con las mismas señales, es por ello que una red de 2.4GHz viene perfecto con la red de la universidad pues tiene como respaldo una red de 5GHz evitando así problemas de caídas de conexión con dispositivos cercanos.

El siguiente documento comprende una serie de capítulos que ayudarán a comprender el desarrollo de un dispositivo generador de señales de interferencias que opere en las frecuencias de 2.4GHz.

El capítulo I de este documento corresponde a las generalidades del proyecto, donde se busca el origen del problema y como el dispositivo a implementar ayudaría a la universidad, explicando la metodología en la que se basará este proyecto haciendo énfasis en las áreas de estudio beneficiadas, además de establecer el lugar de estudio.

El capítulo II engloba todos los temas necesarios para el entendimiento de una red de comunicaciones, desde lo que es una señal electromagnética hasta la explicación de la red WIFI, además la relación del funcionamiento del dispositivo se ve implicada en los temas de interferencias electromagnéticas y técnicas de interferencias, cabe destacar que se menciona las características de la red WIFI de la universidad para que en base a ello se elijan los componentes pertenecientes al capítulo siguiente.

El capítulo III comprende a las fases o etapas a seguir para crear el equipo generador de interferencias, que agrega una descripción de los componentes eléctricos y electrónicos. Los cálculos para su respectiva elección se incluyen en cada fase, tales como la alimentación del equipo, valores de voltaje en las que operan ciertos componentes, osciladores y antenas, además del diseño de la caja protectora.

El capítulo IV tiene que ver con la etapa de construcción del equipo, donde se incluyen los diagramas de circuitos de cada etapa del capítulo anterior con sus respectivas simulaciones en el software Proteus.

El capítulo V incluye todas las pruebas hechas por el equipo ya construido analizando los resultados de dichas pruebas, además de un análisis de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

Es bien sabido que en los últimos años las telecomunicaciones han tenido un gran desarrollo en comparación con otras áreas de ciencias, es impresionante ver como en menos de 50 años hubo un cambio de sistemas de comunicación cableados, por poner un ejemplo, a procesos similares inalámbricos que son más eficientes que el antes mencionado. A esto también se le suma la velocidad de estos sistemas y esto gracias a los diferentes tipos de modulación con el cual abre un gran abanico de posibilidades de comunicación.

Casos más recientes muestran un mayor impacto en la sociedad como es la implementación de las redes móviles 5G cuyas mejoras en la velocidad y latencia incrementa la calidad de vida de la sociedad, en lo que a comunicación se refiere, además se espera su complementación con la conectividad WIFI de nueva generación como es el WIFI 6 para brindar una mayor variedad de usos como los sistemas de radar e instrumentación, control de accesos, sistemas de MFA (autenticación multi factor) entre otros (IT Digital Media Group, 2019).

Al hablar del avance de las redes es imperativo hablar también de las interferencias en estas, su estudio tal y como lo menciona el artículo perteneciente a la Universidad de Antioquia (Calvo, Escobar, & Pinedo, 2008) la emisión de señales de interferencia comprende un serio problema al desenvolvimiento de muchos equipos electrónicos médicos. Es por ello que su estudio es necesario para tener contramedidas en caso de que se emitan estas ondas perjudiciales.

Estas últimas palabras promueven un enfoque hacia el ámbito educativo para el desarrollo de las telecomunicaciones. El estudio minucioso en esta área conlleva a grandes aportaciones al medio es por lo que la forma de enseñanza debe ser clara e interactiva para la persona que va a aprender. Asignaturas generales en telecomunicaciones como Comunicaciones analógicas y digitales cuentan de por si

con temas referentes a las interferencias, pero estas no pueden beneficiarse por completo a explicar solo la teoría sin demostrarla mediante la parte práctica.

La Universidad Estatal Península de Santa Elena no es la excepción, pues si bien sus laboratorios en telecomunicaciones muestran los implementos necesarios para desarrollar académicamente al estudiante, hay equipos cuyo uso ha sido restringido a casos independientes a las asignaturas de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones como es el caso del analizador de espectro NARDA SRM-3006, que puede ser complementos importantes para estudios como el mencionado anteriormente. Equipos donde no se le encuentren un uso dentro de las clases pasarán desapercibidos por los estudiantes, por lo que incentivar el uso de estos equipos dará una visión más amplia en la carrera de Telecomunicaciones.

Hay que entender que el conocimiento académico que un estudiante o investigador adquiere por medio de los laboratorios es el adecuado para su desenvolvimiento futuro, pero como carrera tecnológica hay que innovar y buscar nuevas formas de adquirir información. Un equilibrio en las nuevas tecnologías y las asignaturas presentes en las mallas académicas de telecomunicaciones deben ser de apoyo para el estudiante en su camino al aprendizaje.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El siguiente proyecto plantea el diseño y posterior implementación de un dispositivo capaz de crear una señal de interferencia dentro de la banda de 2.4GHz con el fin de brindar a los laboratorios de la Universidad Estatal Península de Santa Elena el complemento necesario para que el estudiante de la Facultad de Telecomunicaciones pueda desarrollar sus conocimientos en las asignaturas que correspondan.

Siendo la banda de 2.4 GHz una banda no licenciada, esta resulta la más adecuada para realizar pruebas sin poder alterar de manera negativa el resto de las bandas.

Es de resaltar que se realizará el análisis requerido para extraer las variables que ayudarán con el proceso de implementación, como son el modelo educativo actual en el área de las telecomunicaciones, así como los elementos del laboratorio de

telecomunicaciones. Se plantea además que el dispositivo en cuestión quede en los laboratorios junto con un banco de prácticas cuyas resoluciones sean comprobadas por medio del equipo NARDA SRM-3006, equipo utilizado para el análisis de frecuencia tomando de referencia los parámetros que este obtiene tales como el campo eléctrico, magnético, densidad de potencia entre otras, además su frecuencia de operación de 9kHz a los 6 GHz hace perfecta la toma de datos. Y estos datos serán comparados con un equipo generador de interferencia externo que también será instalado en los laboratorios demostrando la efectividad de uso de un equipo casero en comparación a un equipo profesional.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un generador de señales espectrales que opere en la banda de frecuencia de 2.4GHz, mediante el análisis de documentación referente a las diferentes bandas de frecuencias no licenciadas para el desarrollo de nuevas prácticas académicas de la carrera de electrónica y telecomunicaciones

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo generador de señales que opere en los distintos canales del estándar IEEE 802.11
- Analizar los distintos tipos de emisión de interferencias o ruidos en la cual se escogerá el más indicado para el generador de señal.
- Comparar los parámetros obtenidos del equipo NARDA SRM-3006 según el muestreo de señales emitidas por el prototipo y un generador externo para analizar canales en el espectro.
- Realizar un banco de prácticas dirigidas al laboratorio de telecomunicaciones donde se ponga en práctica el generador a fin de tener un mejor entendimiento de las señales de telecomunicaciones.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Como se dijo anteriormente el desarrollo tecnológico no se detiene y en la carrera de electrónica y telecomunicaciones donde hay un mar de conocimiento es preciso ir más allá. Como universidad, la forma de educación no se debe centrar solamente en la teoría sino que debe haber un equilibrio en lo que se puede aprender teóricamente y en lo que se puede demostrar de forma física, esto lleva al uso de los laboratorios de telecomunicaciones presentes en la universidad, que si bien son óptimos para prácticas y cumplen con el rendimiento de la malla académica, estos pueden crecer más, tecnológicamente hablando; la implementación de nuevos equipos ayudará de gran manera al rendimiento académico de los estudiantes.

Con la implementación de un generador de señales espectrales los conocimientos de distintas áreas de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones pueden extenderse mucho más en beneficio de los estudiantes, asignaturas tales como Comunicaciones Analógicas, Digitales e Inalámbricas son las que por mucho sacarían provecho de este dispositivo por la estructura de las mismas.

Además, el uso de este dispositivo vendría perfecto con los equipos presentes en la universidad para prácticas aparte de las presentadas en este proyecto, equipos como el NARDA SRM-3006 complementarían de gran manera al generador de señales pues al ser un analizador de alta frecuencia serviría para la comprobación de resultados esperados en comparación a resultados teóricos realizados en clases y además se espera que con el desarrollo del equipo se dejen las puertas abiertas para posibles futuras tecnologías que beneficien más a la universidad.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

Con lo mencionado anteriormente y dada la naturaleza del proyecto la presentación e implementación del equipo será en los laboratorios de Telecomunicaciones en las instalaciones de la universidad, además el estudio se realizará sobre las áreas de:

- Comunicaciones Analógicas
- Comunicaciones Digitales

- Comunicaciones Inalámbricas
- Electrónica de alta frecuencia y microondas
- Propagación y Antenas

Además, se realizará un banco de prácticas justificando su inclusión donde se medirán los parámetros más relevantes del prototipo para su posterior análisis de señales comparativo con un equipo generador de señales externo, la banda de frecuencia elegida es la de 2.4GHz, puesto que son bandas no licenciadas o de uso libre que no requieren permiso especial de las autoridades o el regulador de telecomunicaciones para poder usarse. Con esto, es más fácil diferenciar las variables dependientes de las independientes que son el nivel de las señales y el análisis comparativo respectivamente.

1.6 METODOLOGÍA

El estudio por realizar planea hacerse teniendo en cuenta el enfoque cualitativo y cuantitativo, es decir, guiándose por diversas áreas de investigación como las mencionadas anteriormente, para poder descubrir y formular nuevas preguntas a forma de retroalimentación en el proceso de interpretación.

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo bajo las siguientes modalidades de investigación:

1.6.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Esta modalidad es elegida para la adquisición de conocimientos de fuentes primarias en el área de telecomunicaciones, en específico las bandas de frecuencia de 2.4GHz; la tecnología detrás de ello e impacto de su uso, encaminados a la comprensión e interacción del investigador/estudiante en las diversas áreas de telecomunicaciones para el diagnóstico de necesidades de aplicación de estos equipos y poder brindar una solución a dicha necesidad.

1.6.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Con esta modalidad al investigador se le facilita la obtención de datos a partir de diseños y prototipos en hagan referencia a la aplicación de generadores de

interferencias donde se harán un mayor enfoque a las variables dependiente e independientes, definiendo situaciones en las que la manipulación de estas variables pueda definir la causa y el efecto de la situación planteada.

1.6.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

Con la elección de las asignaturas de la malla de telecomunicaciones se hace más fácil la recolección de datos, se empleará además un procedimiento coordinado a instrumentos de registros de información, como son los libros, herramientas informáticas, tanto hardware como software, artículos científicos, entre otras.

1.7 RESULTADOS ESPERADOS

Por medio de la investigación, se espera el correcto funcionamiento del prototipo generador de interferencias que opere en la frecuencia de 2.4GHz. Dicho funcionamiento tiene que ir de la mano con el análisis de la cobertura de dicha frecuencia, de forma se sustente en los diferentes niveles de frecuencias que se estudiarán.

Dada la información que se tiene que investigar, se deben tomar en cuenta las contramedidas del proyecto con el fin de asegurar el correcto manejo del dispositivo, asimismo se debe asegurar que el ambiente en donde se utilice el equipo sea controlado, sin generar inconvenientes en las áreas adyacentes al laboratorio de telecomunicaciones.

Además, con el funcionamiento del prototipo podrá dar paso al análisis comparativo con el dispositivo generador de interferencias externo por medio del analizador NARDA-SRM 3006 para identificar la cercanía en sus parámetros.

CAPÍTULO II

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Como se ha mencionado anteriormente la motivación de este proyecto es incentivar el uso de equipos de telecomunicaciones. Como universidad, específicamente, como Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, el uso de los equipos dedicados a las telecomunicaciones es importante para el desempeño académico, por lo cual la universidad posee una gran cantidad de equipos que a lo largo de su formación han ido mejorándose para adecuarse a las necesidades de los investigadores y estudiantes en sus materias.

Con la implementación de este prototipo con sus respectivas prácticas aplicativas el entendimiento de las señales incrementará pues la práctica ayuda a ampliar la idea del tema. Además, dará paso a que se creen futuras mejoras al proyecto.

Y como la naturaleza del prototipo es crear señales de interferencias es muy importantes analizar primero el espacio o la ubicación en la que se usarán estos equipos, como institución educativa cualquier implementación debe ser en su respectivo laboratorio para mantenerse en un ambiente controlado. Además de esto se deben ver todos los elementos presentes en el laboratorio donde se implementará que puedan ayudar o perjudicar a la propagación de la señal tales como las señales que ya son generadas por diversos dispositivos, obstáculos, dispositivos receptores entre otros.

Visto de forma general, la conexión de internet de la universidad está distribuida en tres redes principales: UPSE, DOCENTES y OFICINAS de las cuales tienen la particularidad de estar en varios canales simultáneamente siendo estos 1, 6 y 11 evitando el solapamiento de canales y dando como resultado una reducción en la congestión inalámbrica. Para este proyecto representa una ventaja, pues la implementación de un dispositivo generador de interferencias en general puede

ocasionar problemas en una red común, pero en este caso si se bloquea un canal, el dispositivo receptor se conectará automáticamente a otro que esté disponible, atendiendo con estudios enfocados en evitar la congestión de red del solapamiento de canales (Guevara & Sena, 2013).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Esta sección del capítulo corresponde a las definiciones y conceptos relevantes para el lector a fin de poder entender lo que se requiere para la posterior construcción del dispositivo, Donde se hará énfasis primero en la notabilidad del electromagnetismo en el proyecto incluyendo el concepto y tipos de interferencias, que es base; seguido de las propiedades básicas de la conexión inalámbrica y por último mencionando los componentes más importantes a utilizar, así como sus características.

2.2.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Se denomina al espectro electromagnético al espacio en el que se encuentran todas las frecuencias que son producidas por una radiación electromagnética y dado que no existen frecuencias negativas, el espectro se limita teóricamente de cero a infinito, aunque por sistemas de detección actuales se sabe que hay frecuencias inferiores a 30 Hz y superiores a 2.9×10^{27} (Ordóñez, 2012).

Es importante saber que, al trabajar con radiofrecuencia, estas deben clasificarse según sus rangos pues muestran aplicaciones diferentes en cada uno de ellos. Los rangos son:

Tabla 1. Clasificación de radiofrecuencias

Nombre	Abr.	Frecuencia	Longitud de onda
Extremely Low Frequency	ELF	3-30 Hz	Hasta 100 Mm
Super-Low Frequency	SLF	30-300 Hz	Hasta 10 Mm
Ultra-Low Frequency	ULF	300-3000 Hz	Hasta 1 Mm
Very-Low Frequency	VLF	3-30 KHz	Hasta 100 Km
Low Frequency	LF	30-300 KHz	Hasta 10 Km

Medium Frequency	MF	300-3000 KHz	Hasta 1 Km
High Frequency	HF	3-30 MHz	Hasta 100 m
Very-High Frequency	VHF	30-300 MHz	Hasta 10 m
Ultra-High Frequency	UHF	300-3000 MHz	Hasta 1 m
Super-High Frequency	SHF	3-30 GHz	Hasta 1 dm
Extremely High Frequency	EHF	30-300 GHz	Hasta 1 cm

Fuente: International Electrotechnical Commission

Existen más rangos de frecuencias, que por el estudio del proyecto no se tomará con mucha profundidad, pero vale la pena mencionarlas para el lector, como son:

Tabla 2. Bandas superiores a radiofrecuencias

Nombre	Frecuencia	Longitud de onda
Rayos gamma	Mayor a 30×10^{18} Hz	Menor a 10×10^{-12} m
Rayos X	Mayor a 30×10^{15} Hz	Menor a 10×10^{-9} m
Ultravioleta extremo	Mayor a 1.5×10^{15} Hz	Menor a 200×10^{-9} m
Ultravioleta cercano	Mayor a 7.89×10^{14} Hz	Menor a 380×10^{-9} m
Espectro Visible	Mayor a 384×10^{12} Hz	Menor a 780×10^{-9} m
Infrarrojo cercano	Mayor a 120×10^{12} Hz	Menor a 2.5×10^{-6} m
Infrarrojo medio	Mayor a 6×10^{12} Hz	Menor a 50×10^{-6} m
Infrarrojo lejano	Mayor a 300×10^9 Hz	Menor a 1×10^{-3} m
Microondas	Mayor a 3×10^8 Hz	Menor a 10^{-2} m

Fuente: International Telecommunication Union (EMF Guide)

2.2.2 INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA

Las interferencias electromagnéticas (EMI) son fenómenos que se producen en dispositivos electrónicos cuando son expuestos a un campo electromagnético, esto siempre ha traído problemas y más aún con el creciente uso de frecuencias en el espectro junto con la complejidad de los nuevos equipos electrónicos en el mercado.

Al existir una interferencia se deben considerar la fuente donde comienza a propagarse, el medio y el destino donde opera el receptor. Los efectos en el receptor pueden ir desde la interrupción, limitación o hasta la degradación del rendimiento del sistema, por lo tanto, hay que tomar en cuenta dos factores para entender los EMI: Emisiones e inmunidad.

Las emisiones son medidas de la energía electromagnética de la fuente y la inmunidad se relaciona con el grado de interferencia de la fuente de energía electromagnética externa en el funcionamiento del equipo (Tan & Hinberg, 2004).

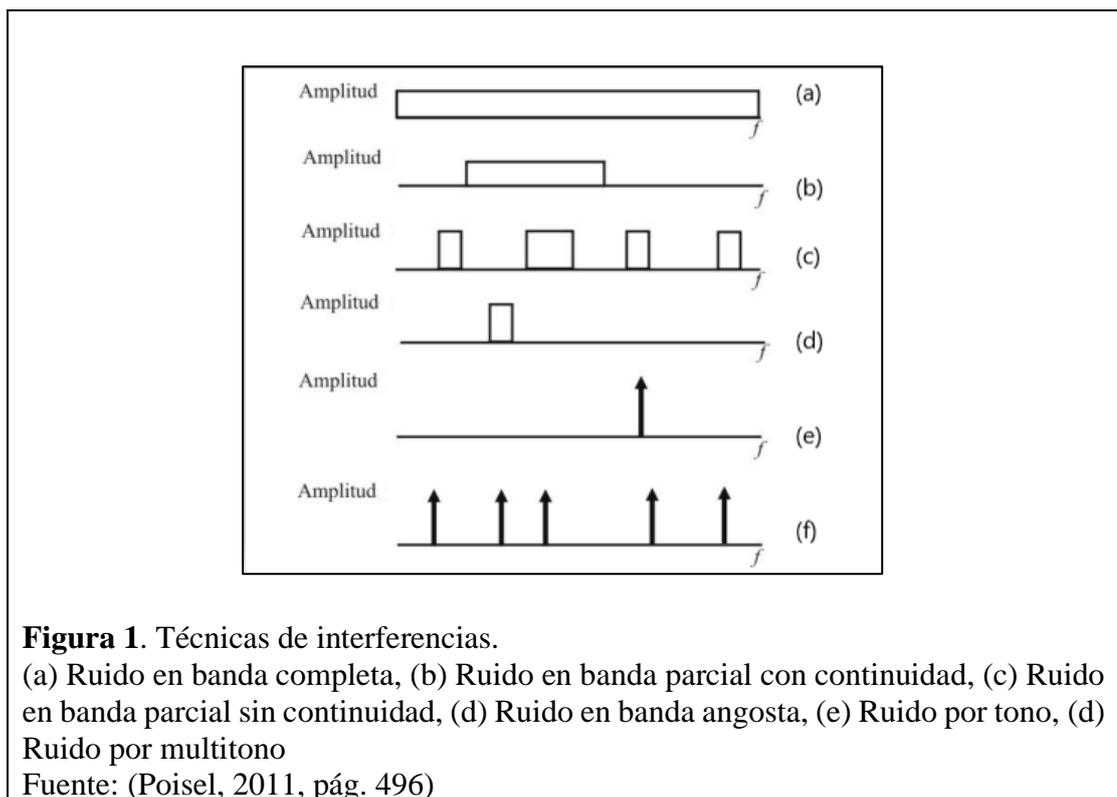
2.2.2.1 TIPO DE INTERFERENCIAS

Interferencias o ruidos en telecomunicaciones son generadas en el medio de transmisión, de este tipo existen muchas las cuales se mencionan a continuación:

- **Ruido externo.** Este se genera por el acoplamiento eléctrico y magnético entre un punto en el sistema y otro, o con sistemas naturales como tormentas eléctricas, y en casos con dispositivos construidos por el ser humano, como los motores y otros equipos.
- **Ruido térmico.** También conocido como ruido Johnson-Nyquist, es generado por la agitación térmica de los portadores de carga dentro de un conductor en equilibrio, este ruido es independiente de cualquier cambio de voltaje que se le aplique.
- **Ruido de amplitud.** Principalmente causado por componentes electrónicos defectuosos o puertos de entrada/salida que estén sucios, el ruido de amplitud tiene como característica el cambio repentino en sus niveles de potencia.
- **Ruido de intermodulación.** Es producida por la intermodulación en dos líneas de transmisión cuyas diferencias recaen en sus entradas con respecto a

sus bandas de frecuencia. De la misma manera, estas pueden caer en una banda de una tercera señal produciendo nuevas frecuencias de operación. Estas se suman o se restan a las señales originales resultando en componentes que no existían antes, distorsionando la señal (Stallings, 2004).

En esta última su aplicación está muy relacionada con las técnicas de interferencia o “jamming” donde la emisión de una señal en una determinada produce una interferencia en la comunicación, como se muestra en la figura 1:



2.2.2.2 TÉCNICAS DE INTERFERENCIAS

En esta sección se mencionarán varias técnicas que, junto a las características de red, ayudarán a elegir la más indicada para generar interferencia. Pues si bien todas sirven para el mismo propósito, cada una presentan ventajas y desventajas que afectarán en menor o mayor medida al resultado final.

2.2.2.2.1 INTERFERENCIA POR RUIDO EN BANDA COMPLETA

Tiene la característica de situar la energía de la señal en todo lo largo del espectro de frecuencia que el equipo de comunicación opere. Figura 1(a). Es generalmente útil

para la obertura de un área para fines de detección, donde su efectividad depende del control que se tenga de la potencia y distancia del dispositivo emisor.

2.2.2.2.2 INTERFERENCIA POR RUIDO DE BANDA PARCIAL

Asimismo, en función de la potencia del dispositivo generador de interferencia, la energía de la señal del ruido toma lugar en múltiples puntos de los canales del espectro electromagnético, la continuidad de la interferencia depende también de las características del dispositivo (Poisel, 2011).

2.2.2.2.3 INTERFERENCIA POR RUIDO DE BANDA ANGOSTA

Esta técnica de interferencia comparte similitud con las dos anteriores, su eficiencia varía con su potencia, la energía de la señal de interferencia se ubica en solo un canal de la banda seleccionada como se ve en la Figura 1(c).

2.2.2.2.4 INTERFERENCIA POR TONO/MULTITONO

En esta técnica se implementan uno o varios puntos de alta amplitud a lo largo del espectro de frecuencias como se observa en la Figura 1(d, e) y donde su efectividad está en función del lugar donde los tonos son ubicados.

2.2.2.2.5 INTERFERENCIA POR BARRIDO

En aplicación es similar a la interferencia por ruido en banda ancha. Una señal en banda angosta o un tono es ubicado en el espectro esta es barrida a lo largo de la banda de frecuencias, muy parecido a la Figura 1(b, c). En cualquier instante la interferencia es centrada en una frecuencia específica y solo una porción del espectro es interrumpida, sin embargo, cuando se ubica el tono para el barrido se debe considerar la rapidez que esta debe tener para identificar la frecuencia que tenga la señal de origen sin llegar a afectar a otras frecuencias (Poisel, 2011).

2.2.2.2.6 INTERFERENCIA POR PULSO

Esta técnica, en aplicación es similar al ruido en banda parcial, es independiente del espectro en donde se propaga pues el parámetro a tomar en cuenta es el tiempo, precisamente el tiempo en el que el equipo está encendido. En eficiencia es lo mismo a la interferencia enfocada al recorrido en el espectro, la diferencia radica en su ahorro considerable en la potencia. El ciclo de trabajo del equipo determina la

relación entre la potencia media y la potencia máxima. Los efectos de la interferencia dependen de la potencia máxima y de la frecuencia con la que la señal regresa al receptor (Poisel, 2011).

2.2.2.2.7 INTERFERENCIA POR SEGUIMIENTO

Tiene la característica de aplicarse en sistemas con tecnología FHSS (Espectro ensanchado por salto de frecuencia), sistema en el cual la señal viaja en varias frecuencias, en este caso el equipo trata de localizar la frecuencia en el cual el transmisor inició, una vez identificada la señal se produce la interferencia y procede a saltar hacia la nueva frecuencia.

2.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

En esta sección se revisará a breves rasgos todo lo referente a la conexión inalámbrica en la correspondiente frecuencia de 2.4GHz, mencionando los estándares inalámbricos más utilizados y los que estén presentes en el sitio de estudio, la forma en los que estos se modulan además se hará un énfasis en los canales de frecuencias de las redes WIFI.

2.3.1 IEEE 802.11

El protocolo 802.11 constituye al conjunto de técnicas de modulación half-dúplex creada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers, estas proporcionan la base para los productos de redes inalámbricas donde usan la marca WIFI.

Esta marca WIFI es una de las tecnológicas inalámbricas que forma parte del protocolo 802.11 el cual es usualmente utilizado en redes locales, donde una señal de radio es enviada desde un Router inalámbrico a un dispositivo cercano, que traduce la señal en datos que se pueden observar y usar; el dispositivo transmite la señal de radio de vuelta al Router conectado a internet por cable.

Diferentes versiones de este protocolo se han ido publicando desde 1997, cuyas variaciones radican en las velocidades y formas de transmisión, frecuencias de operación entre otras.

Tabla 3. Versiones del estándar 802.11

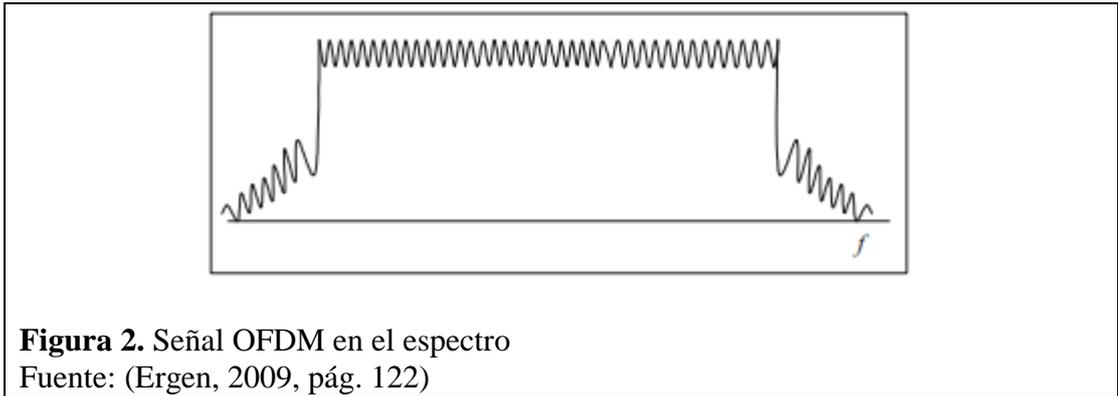
Protocolo	802.11b	802.11g	.	802.11n
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz		2.4/5 GHz
Ancho de banda	22 MHz	20 MHz		20/40 MHz
Modulación	DSSS	OFDM		MIMO-OFDM
Tasa de transmisión de datos	Hasta 11 MHz	Hasta 54 MHz		Hasta 248 MHz
Rango (indoor)	35 m	38 m		70 m
Rango (outdoor)	140 m	140 m		250 m

Fuente: Cisco: Networking, Cloud, and Cybersecurity Solutions

Casos como los equipos con el estándar 802.11b y 802.11g, en sus cercanas interacciones con la frecuencia de 2.4GHz han producido problemas con interferencias en la comunicación. Por lo que se empezó a controlar estas interferencias con métodos de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y de señalización de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS).

2.3.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL (OFDM)

La multiplexación por división de frecuencia ortogonal es una tecnología de transporte multiportadora de alta velocidad de datos en sistemas de comunicación. Está basado en la distribución de datos de alta velocidad sobre un gran número de portadoras de baja velocidad, estas portadoras son ortogonales entre sí y su separación se crea a partir de la transformada rápida de Fourier (Ergen, 2009).



2.3.3 ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA (DSSS)

El espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS) es una técnica de modulación del espectro generalmente usada para reducir las interferencias de la señal. Este tipo de modulación hace que la señal sea transmitida con un ancho de banda mayor al ancho de banda de información, en la llegada al receptor se demodula la señal restableciéndose el ancho de banda de información, mientras que la interferencia intencional y no intencional se reduce sustancialmente (Torrieri, 2022).

2.3.4 CANALES DE WIFI

La comunicación WIFI se realiza al establecer sus canales de frecuencia, en el caso de las 2.4GHz tienen 14 canales donde cada uno ocupa 22 MHz de ancho de banda; dependiendo de su velocidad, el solapamiento entre canales puede o no aplicarse. Como puede verse en la figura 3, existen canales que no están solapados con una separación de 3 MHz los cuales son el 1, 6 y 11 (Guevara & Sena, 2013).

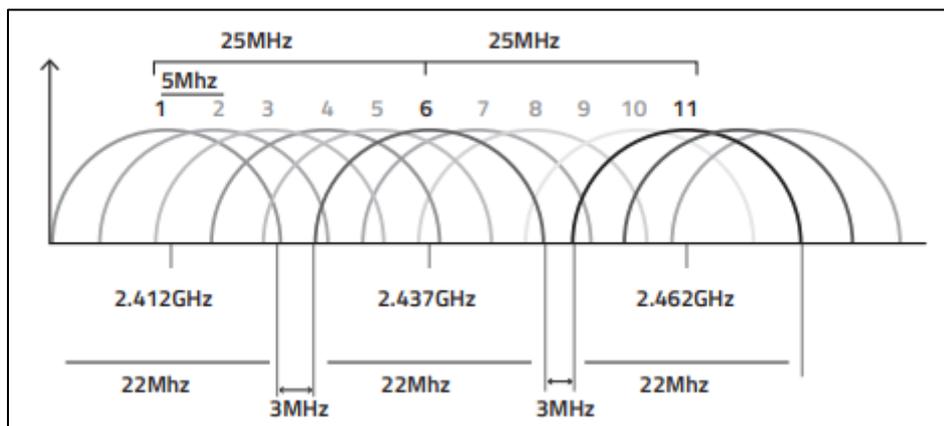


Figura 3. Canales no interferibles en 2.4GHz

Fuente: (Guevara & Sena, 2013)

Para garantizar que no haya interferencias en cualquiera circunstancia el protocolo WIFI requiere de 16.25 hasta 22 MHz de separación, aunque en la transmisión se utilizan 20 MHz, por lo que esos 2 MHz restantes se utilizan como banda de protección para permitir una atenuación mínima a lo largo del borde de la banda.

La banda de protección es principalmente utilizada por routers antiguos cuya circuitería ha quedado obsoleta para los estándares actuales sin que sean tan propensos a ocupar excesivamente el canal.

Tabla 4. Lista de canales WIFI

Canal	Frecuencia central (MHz)	Rango de Frecuencias (MHz)
1	2412	2401–2423
2	2417	2406–2428
3	2422	2411–2433
4	2427	2416–2438
5	2432	2421–2443
6	2437	2426–2448
7	2442	2431–2453
8	2447	2436–2458

9	2452	2441–2463
10	2457	2446–2468
11	2462	2451–2473
12	2467	2456–2478
13	2472	2461–2483
14	2484	2473–2495

Fuente: NetSpot Pro-2022

2.4 ANTENAS

Las antenas son una estructura transicional entre el espacio libre y un elemento guía, este elemento guía o línea de transmisión puede ser una línea coaxial o un tubo vacío (en el caso de línea de onda) y se utiliza para transportar energía electromagnética desde a fuente transmisora hasta la antena receptora (Balanis, 1996).

2.4.1 PARÁMETROS DE ANTENAS

Para describir el rendimiento de una antena, el análisis de los parámetros de las antenas debe ser definido, estas varían en función de la aplicación de la antena, las cuales se muestran a continuación:

2.4.1.1 PATRÓN DE RADIACIÓN

Es definido como una representación gráfica tridimensional de las características de radiación de la antena en un plano de coordenadas espaciales.

2.4.1.2 DENSIDAD DE POTENCIA RADIADA

Las ondas electromagnéticas se utilizan para transportar información a través de un medio inalámbrico o una estructura guía de un punto a otro, su densidad se define de acuerdo con la potencia de dicha onda por la superficie en donde se transporta, es decir el medio, en una determinada dirección.

2.4.1.3 DIRECTIVIDAD

La directividad de una antena está definida por el ratio de la intensidad de radiación en una dirección determinada en comparación de una antena cuya intensidad promedio se da en todas direcciones (antena isotrópica).

2.4.1.4 GANANCIA

Esta medida toma en cuenta la eficiencia de la antena, así como sus capacidades direccionales, de forma que la ganancia relaciona la densidad de potencia en una determinada dirección y la densidad de potencia η una antena isotrópica.

2.4.1.5 POLARIZACIÓN

Se define como la propiedad de una onda electromagnética que describe orientación de la onda cuando esta es radiada por la antena

2.4.1.6 IMPEDANCIA DE ENTRADA

Corresponde a la impedancia presentada por una antena más específicamente la relación de la tensión con la corriente que pasa por los terminales. Se muestra como un número complejo que varía en función de su frecuencia.

2.4.2 TIPOS DE ANTENAS

Dependiendo del uso de la antena se puede elegir de entre varios modelos, las características de estas son importantes de mencionar para una correcta elección. Tal es el caso de las antenas direccionales y las omnidireccionales, cuyas características varían en función al proyecto a implementar.

2.4.2.1 ANTENAS DIRECCIONALES

En este tipo de antenas la señal está orientada en una dirección específica en los que la relación entre el haz o apertura de la onda es inversamente proporcional con el alcance de la onda, es decir, a mayor haz de onda menor es su alcance y viceversa. Su alcance está definido por los parámetros de antenas donde se encuentran la ganancia de la antena en dBi, intensidad de radiación del emisor y las características del receptor.

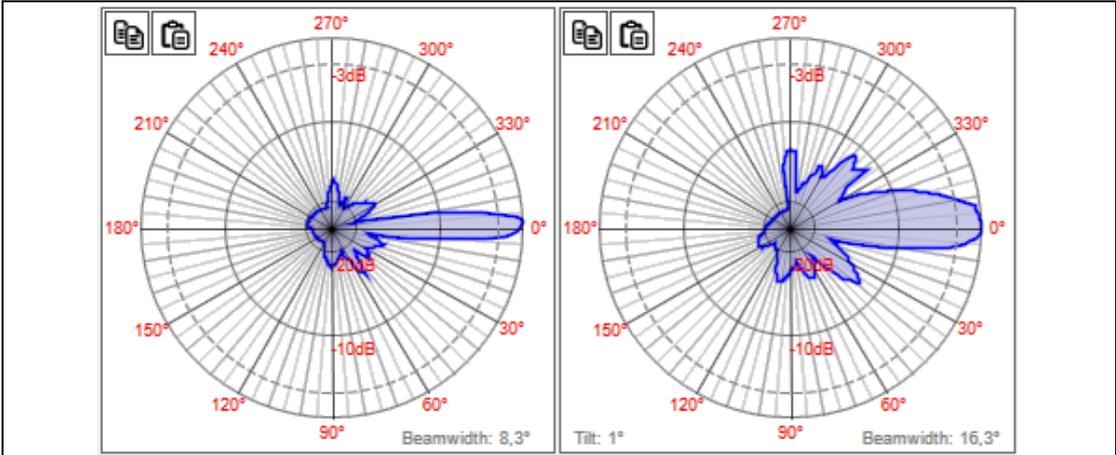


Figura 4. Patrón de radiación en antenas direccionales (Ejemplo de Antena Ubiquiti UniFi Directional Antenna)
 Elaborado por Josué Plaza en software Antenna Pattern Editor

2.4.2.2 ANTENAS OMNIDIRECCIONALES

Este tipo de antena orienta la señal en todas direcciones, es decir, envían la información a los 360° del plano de la antena por tanto tiene la ventaja de establecer la comunicación sin importar en el sitio donde se encuentre, obviamente sin tomar en cuenta los obstáculos en la línea de vista de la antena, pero cuenta con la desventaja de tener un menor alcance, al seguir con la inversa proporcionalidad mencionada anteriormente.

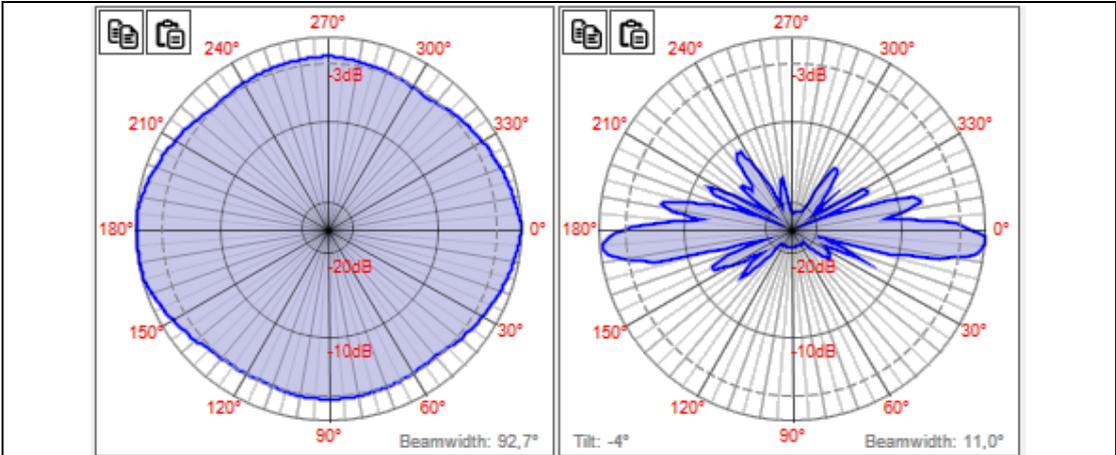


Figura 5. Patrón de radiación en antenas omnidireccionales (Ejemplo de Antena Ubiquiti airMAX Omni 2.4GHz)
 Elaborado por Josué Plaza en software Antenna Pattern Editor

2.5 CIRCUITO AMPLIFICADOR OPERACIONAL

También denominado como OpAmp, el amplificador operacional es un circuito integrado cuya función es, como el nombre lo indica, amplificar el voltaje en función de los voltajes de entrada, pues poseen cuatro, dos de alimentación definidas y dos conocidas como entradas inversora y no inversora, el comportamiento del circuito depende de estas dos últimas. Además, se caracteriza por su respuesta en frecuencia y alta ganancia definida por las configuraciones que les dé el usuario en sus entradas.

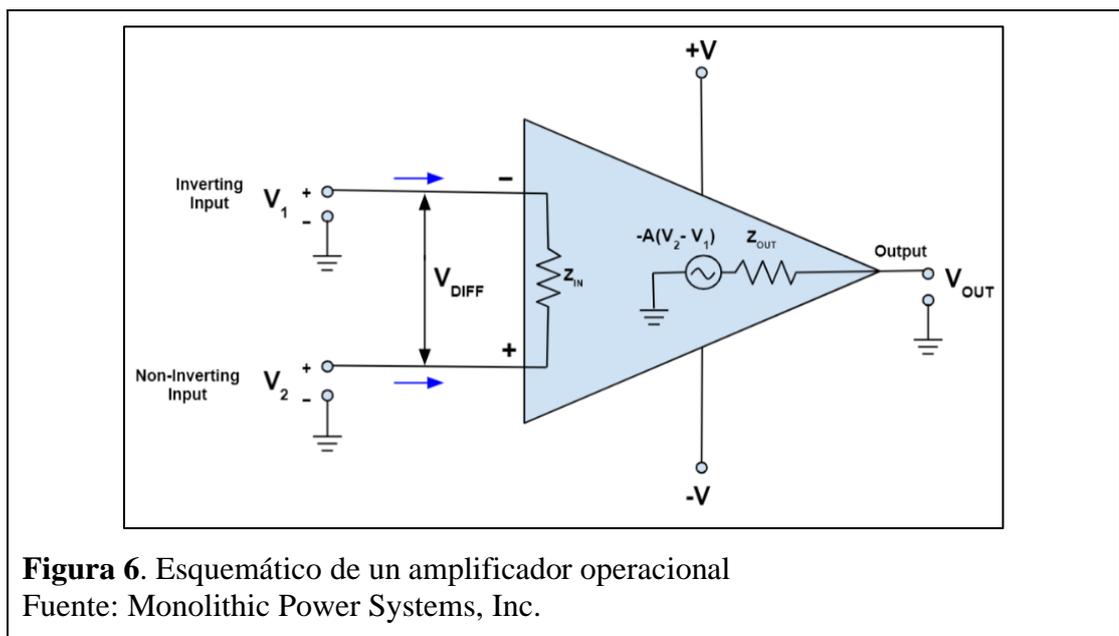


Figura 6. Esquemático de un amplificador operacional
Fuente: Monolithic Power Systems, Inc.

2.6 GENERADOR DE ONDA CUADRADA

Dado que se requiere crear una señal de interferencia es necesario saber controlarla por lo que se debe elegir un modelo de onda que sea fácil de modificar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. Y es aquí donde entra la onda cuadrada, cuyos cambios de voltajes son más estables que cualquier otra onda.

Hacer esto permitirá una señal de salida más uniforme, teniendo en cuenta claro está, de la velocidad en la que se hace el barrido del espectro pues la señal de salida no podrá interferir si esta va muy rápido o muy lento.

Con el fin de crear una señal cuadrada modificable por el usuario el uso de un amplificador operacional es imprescindible pues una de las configuraciones de este

es generar una señal que opere en sus voltajes de saturación dando como resultado una onda cuadrada, a raíz de esto se ubica un circuito integrador (otra configuración de los OpAmp) que genere la onda cuadrada.

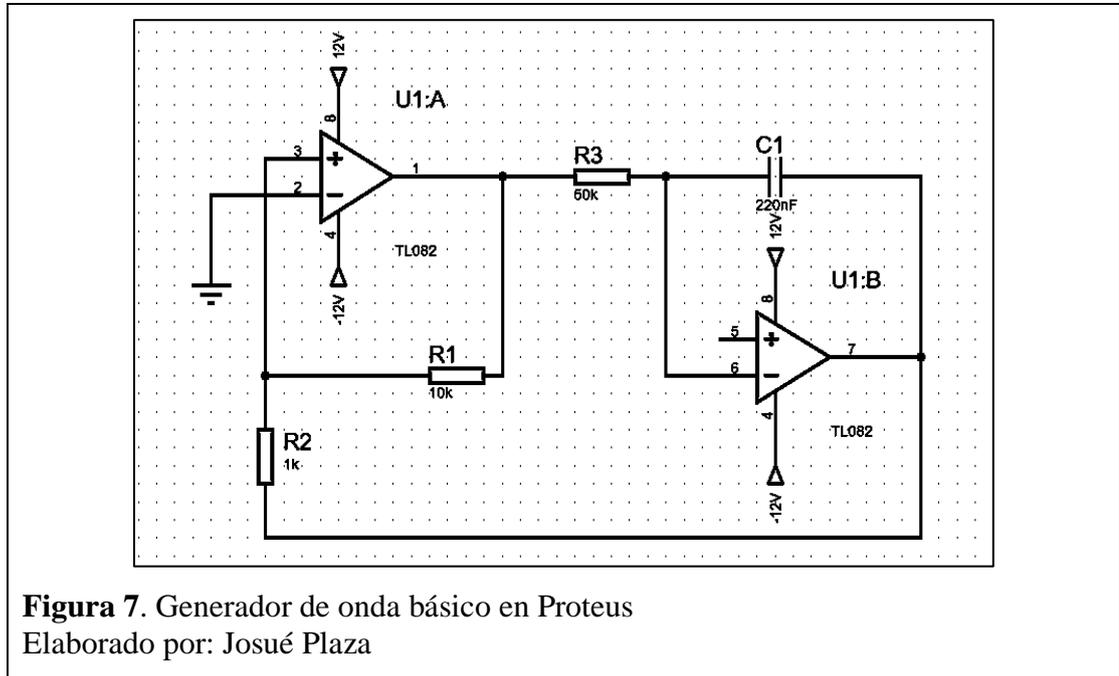


Figura 7. Generador de onda básico en Proteus
Elaborado por: Josué Plaza

Hay que aclarar que esta es una de muchas formas de obtener una señal cuadrada, y este modelo para generar la onda está sujeto a las características de la señal de salida como frecuencia, ganancia entre otras.

2.7 OSCILADOR

Una manera más formal de denominar el tema anterior es con el termino oscilador que engloba todas estas ondas ya sean sinusoidal, cuadrada, triangular o una mezcla de todas estas aplicadas en un circuito.

2.7.1 OSCILADOR CONTROLADOR POR VOLTAJE (VCO)

Un oscilador controlado de voltaje es un oscilador eléctrico cuya frecuencia de trabajo varía en función del voltaje que se le aplica en la entrada. Son comúnmente utilizados para la modulación de frecuencia o fase dada la aplicación de la señal modulada en la entrada controlada.

Dado su principio de funcionamiento está estructurado por un circuito formado por un amplificador, bobina, condensador y sus entradas de retroalimentación.

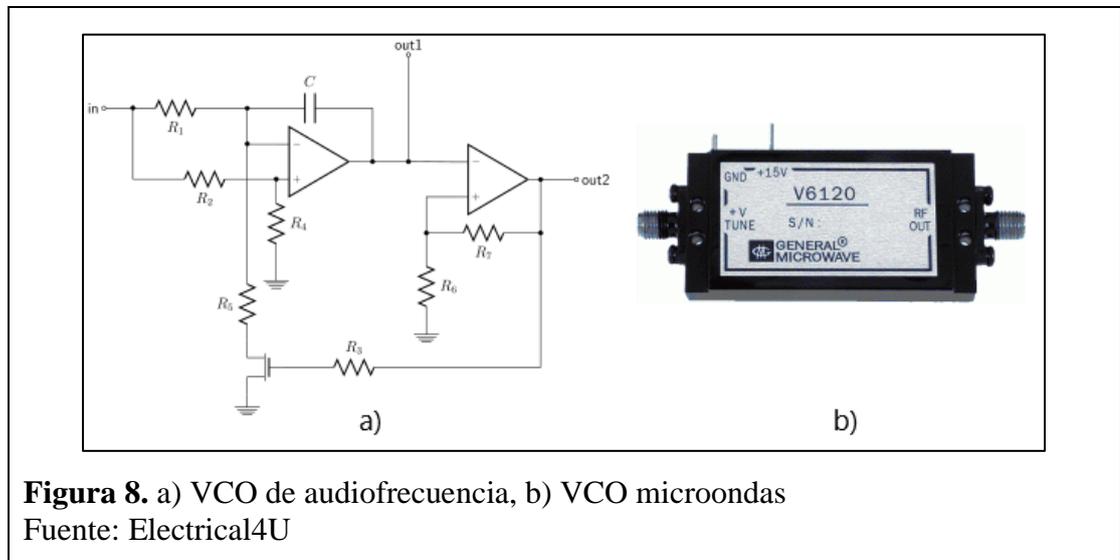


Figura 8. a) VCO de audiofrecuencia, b) VCO microondas
Fuente: Electrical4U

Los VCO son generalmente categorizados en dos grupos según el tipo de onda producida:

2.7.1.1 OSCILADORES LINEALES O ARMÓNICOS

Son osciladores que generan una onda sinusoidal. Usualmente consiste en un resonador con un amplificador que reemplaza las pérdidas del resonador, de forma que no decaiga la amplitud de la señal, y aísla el resonador de la salida, para evitar que la carga afecte al resonador, ejemplos de osciladores armónicos son osciladores basados en circuitos LC y cristales osciladores.

2.7.1.2 OSCILADORES DE RELAJACIÓN

Son osciladores que generan una onda triangular o de dientes de sierra. Pueden proporcionar un amplio rango de frecuencias de operación con un reducido número de componentes por ser usados en circuitos integrados. Posee un ciclo de trabajo repetitivo por su acoplamiento con un capacitor en constante carga y descarga.

2.8 LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Las líneas de transmisión comprenden a toda estructura diseñada para la conducción de ondas electromagnéticas de contenidas en sí mismo. El término aplica cuando el

conductor es lo suficientemente largo como para tener en cuenta la naturaleza de la onda de transmisión. Esto aplica especialmente a radiofrecuencia donde las longitudes de onda corta significan que la onda surge a distancia corta.

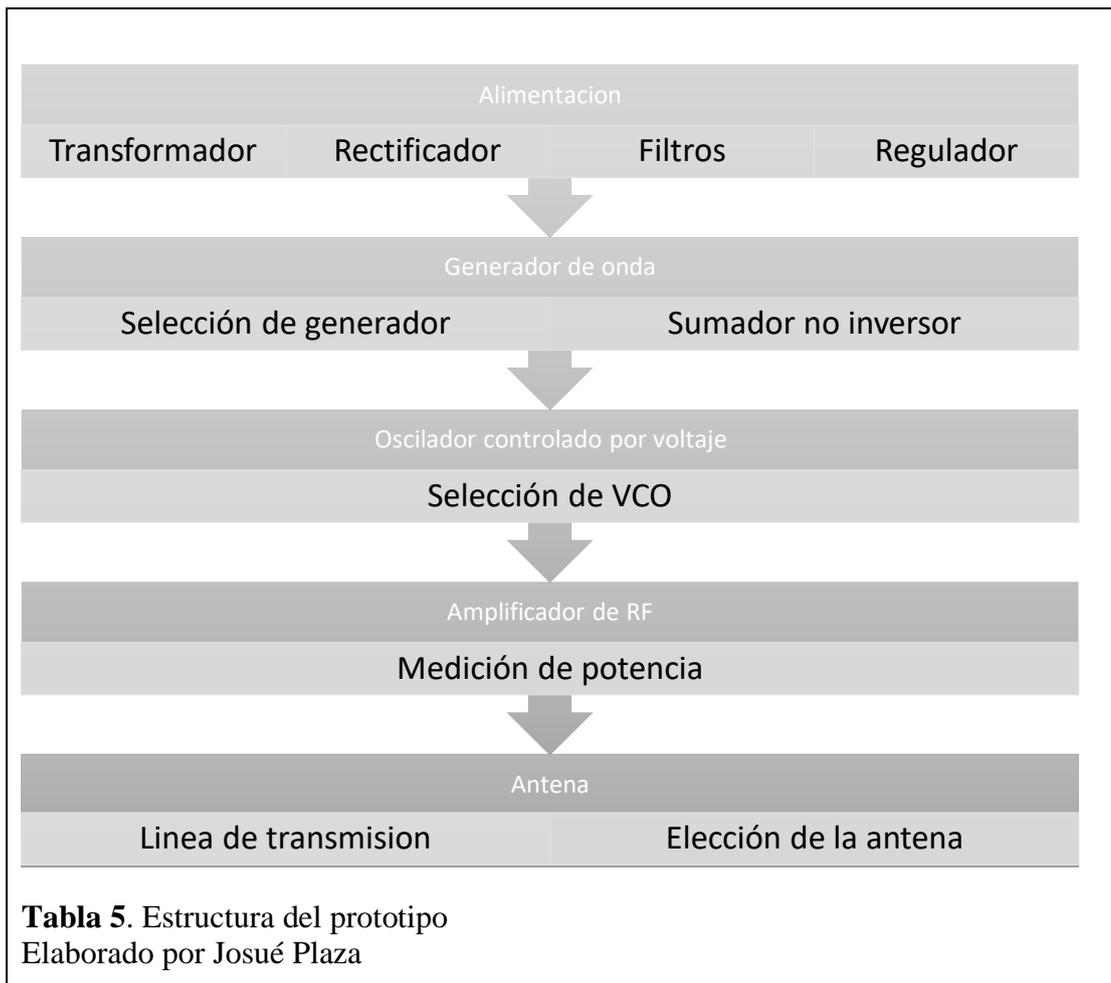
Un parámetro que define a la línea de transmisión es la impedancia característica siendo el valor típico de 50Ω y 75Ω , un ejemplo de estas líneas de transmisión son los cables coaxiales usados como acometida para diferentes servicios.



CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para un mayor entendimiento del prototipo es necesario dividir esta sección en varias fases para evitar problemas relacionados con el funcionamiento general del equipo en el momento de la construcción.



3.1 ALIMENTACIÓN

Como el prototipo estará en los laboratorios hay que adecuarse a las fuentes de energía que hay presentes allí en este caso una toma de corriente de 120V con frecuencia de 60Hz, pero hay que tomar en cuenta que existen componentes que se usarán para la creación que operan con alimentación DC, por eso es necesario establecer voltajes de operación para dichos componentes como son de 5VDC y \pm 12VDC, y esto se hace mediante un circuito transformador de voltaje.

3.1.1 TRANSFORMADOR

Un transformador es un elemento eléctrico de corriente alterna que permite aumentar o disminuir el voltaje manteniendo la frecuencia y potencia, estos están estructurados por varios elementos tales como el núcleo y devanadores, usados para la conducción del flujo magnético por hilos de cobre enrollados. Su voltaje de salida está relacionado con el número de vueltas de los devanados.

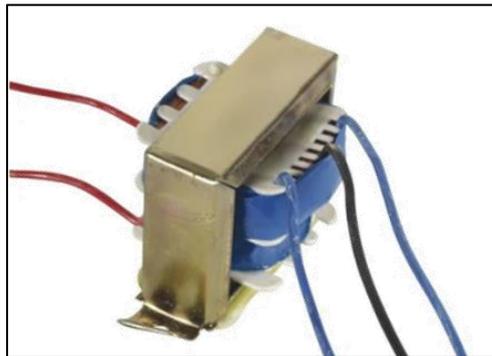


Figura 10. Transformador con devanado central
Fuente: Carrod Electrónica

En esta sección se debe usar un transformador con devanado central de 120/24V a fin de obtener un voltaje de 12V con la ayuda de la referencia a tierra y 24V con los cables secundarios de salida.

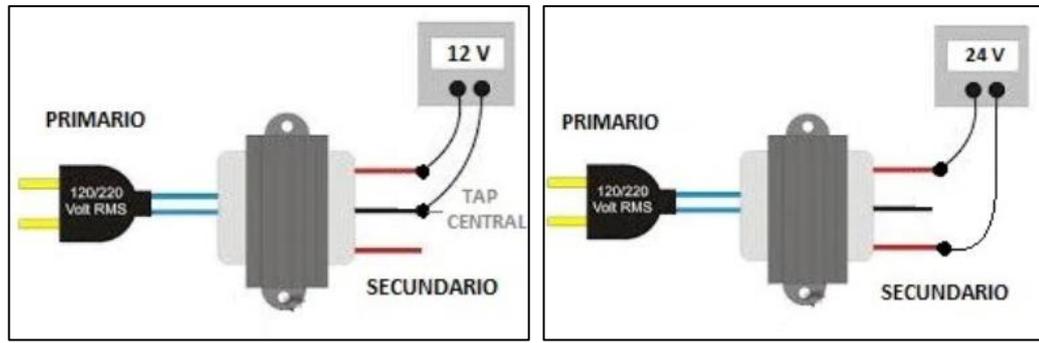


Figura 11. Voltajes de salida en función del devanado
Fuente: Carrod Electrónica

$$V_m = 24 V$$

3.1.1.1 FUSIBLE

Como se está trabajando con corrientes elevadas, hay que mantener seguro al circuito en caso de que llegue a pasar un pico de energía, es por ello que se usará un fusible en la entrada del circuito.

Un fusible es un componente que tiene la particularidad de interrumpirse o fundirse al exponerse a un flujo de corriente excesivo, esto es gracias a su filamento de bajo punto de fusión.



Figura 12. Fusible eléctrico
Fuente: Didácticas Electrónicas

En cuanto a la elección del fusible se lo hace con base en la relación de voltajes con corriente siguiendo la fórmula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ecuación 1. Relación de voltaje y corriente

Que comprenden a los valores primarios y secundarios a elegir en la sección del transformador, por lo tanto:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$I_1 = I_2 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$I_1 = (1A) \frac{24V}{110V}$$

$$I_1 = 0.21A$$

Como se trabaja en corriente continua, la UL recomienda un incremento del 125% al valor de la corriente para obtener su valor primario que es el que se adecuará para escoger el fusible.

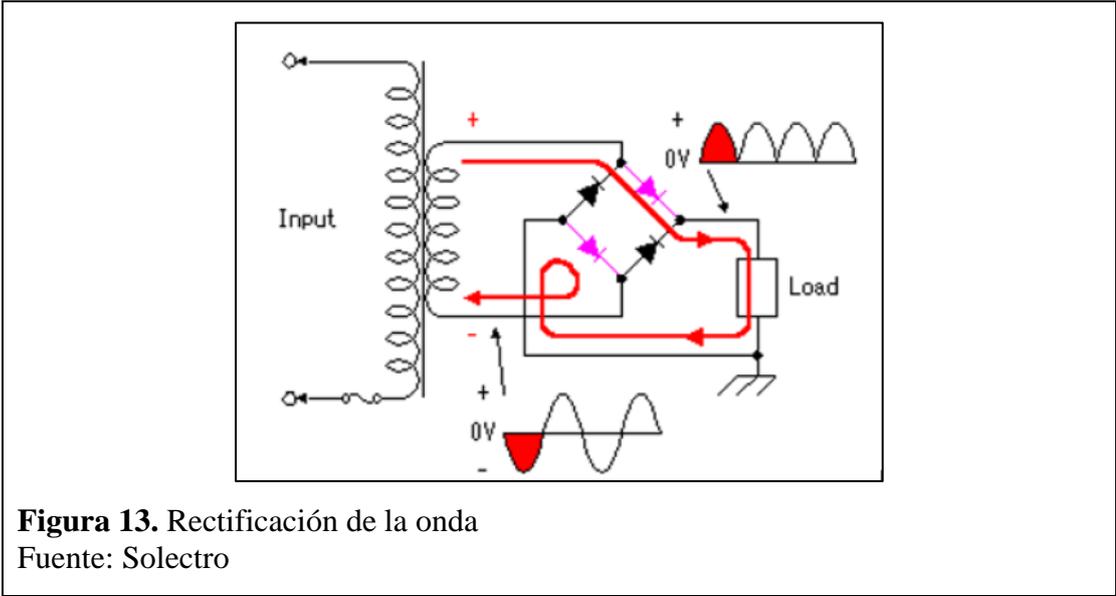
$$I_1 = (0.21)(1.25)$$

$$I_1 = 0.26A$$

Según el valor de corriente lo recomendable es utilizar un fusible de 0.5A

3.1.2 RECTIFICADOR

Para la sección del rectificador es necesario usar un puente de diodos que básicamente es un circuito que permite la conversión de corriente alterna a corriente continua, y puesto que la señal de corriente alterna se da en ciclos, el puente de diodos rectifica o modifica la señal de salida en ondas de semiciclos positivos.



Para el prototipo el voltaje que se rectifica es igual al voltaje pico de la entrada alterna, donde se resta además los voltajes de operación del puente de diodos.

$$V_{max} = V_m\sqrt{2} - 1.4V$$

Ecuación 2. Voltaje máximo en la carga

$$V_{max} = 24\sqrt{2} - 1.4V$$

$$V_{max} = 32,54V$$

3.1.3 FILTRADO DE LA ENTRADA

Al momento de hacer la rectificación de la onda es común que quede una pequeña fluctuación en la onda de salida la cual se denomina rizado que mediante filtros se puede suavizar hasta obtener la onda de corriente directa.

Su reducción se puede controlar con el uso de un filtro de condensador el cual genera un voltaje de retroalimentación momento de bajada de la onda.

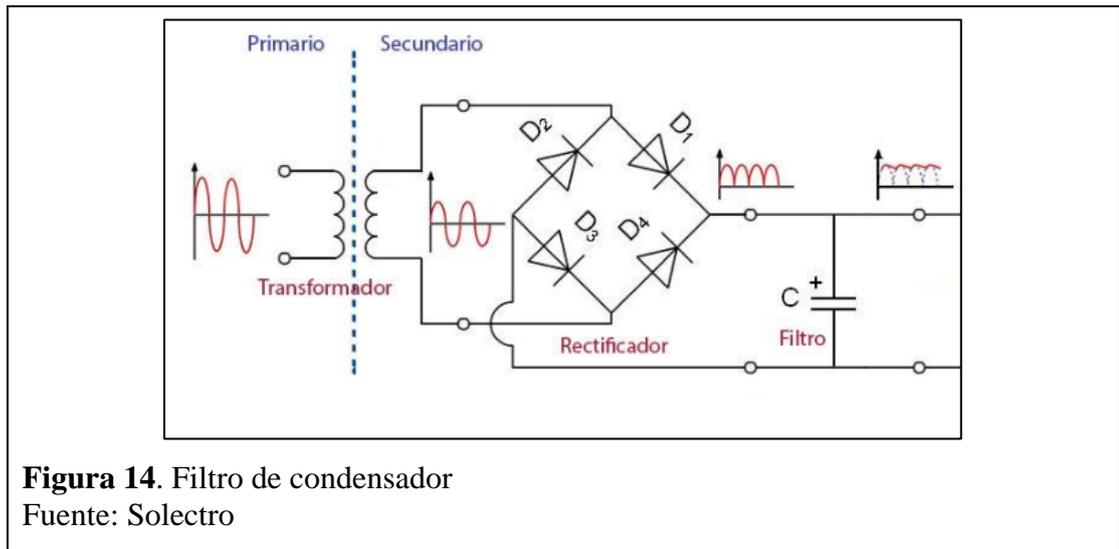


Figura 14. Filtro de condensador
Fuente: Solectro

3.1.3.1 CAPACITOR

Para la elección del capacitador que ayude al filtro se siguió la siguiente fórmula:

$$C = \frac{I}{(2f)(V_{max})}$$

Ecuación 3. Capacitancia de filtro

Donde:

V_{max} → tensión pico-pico

f → frecuencia de la onda

C → Capacitancia

I → Intensidad de la corriente en la carga

$$C = \frac{(5)(1A)}{(120Hz)(32.54V)}$$

valor pico de la corriente

$$C = 1282.05 \mu F$$

Ahora el tipo de condensador a utilizar es según la necesidad del filtro, que en este caso se requiere que cargue y descargue en un periodo de tiempo pequeño para mantener la onda continua, se requeriría un capacitor electrolítico.

Por tanto, se de analizar los diferentes capacitores disponibles en el mercado que se adecuen a los valores de los cálculos.

Capacitores electrolíticos (Valores comerciales)

| μF |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0.1 | 1 | 10 | 100 | 1 000 | 10 000 | 100 000 |
| 0.12 | 1.2 | 12 | 120 | 1 200 | 12 000 | - |
| 0.22 | 2.2 | 22 | 220 | 2 200 | 22 000 | - |
| 0.33 | 3.3 | 33 | 330 | 3 300 | 33 000 | - |
| 0.47 | 4.7 | 47 | 470 | 4 700 | 47 000 | - |
| 0.56 | 5.6 | 56 | 560 | 5 600 | 56 000 | - |
| 0.68 | 6.8 | 68 | 680 | 6 800 | 68 000 | - |
| 0.82 | 8.2 | 82 | 820 | 8 200 | 82 000 | - |

Tabla 6. Disponibilidad de capacitores en el mercado
Fuente: Artes Electrónicas Pachani

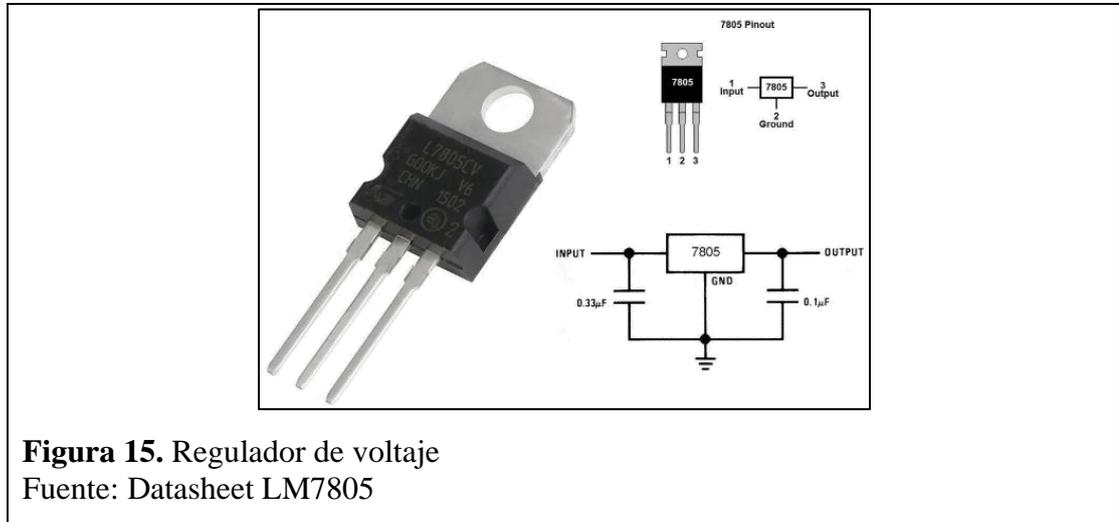
De los cálculos realizados y comparando con los valores de la tabla el más próximo es de 2 200 μF . Pero hay que tener en cuenta que a mayor capacitancia el amperaje se reduce junto con el efecto de rizado entonces la mejor opción para rectificar la onda es escoger dos capacitores de 4 700 μF a 25V.

3.1.4 REGULADOR

Como se mencionó al inicio del tema los componentes operan a voltajes bajos en comparación a la entrada de 120V es por ello que se necesitan reguladores de voltaje que den voltajes fijos para evitar dañar los componentes.

Los reguladores de voltaje o de tensión son pequeños componentes electrónicos diseñados para mantener automáticamente un voltaje constante. Estos pueden usar un diseño simple de alimentación continua o puede incluir retroalimentación negativa, dependiendo del diseño del circuito, se pueden utilizar para regular uno o más voltajes de AC o DC.

Para obtener los voltajes requeridos en el prototipo se escogió los reguladores LM7805, LM7812 y LM7912 que implementado en el circuito brindarán voltajes de 5V, 12V y -12V respectivamente.



A fin de mantener la estabilidad de funcionamiento del circuito con el uso de reguladores y reducir la impedancia de la fuente, en la entrada y salida de los reguladores se colocaron capacitores de $10\mu\text{F}$ y $100\mu\text{F}$.

3.2 GENERADOR DE ONDA

En esta etapa la elección del modelo de generador de onda es vital pues de esta depende la efectividad de la señal de interferencia que emita el generador, es por ello que hay que establecer que técnica de interferencia se utilizará además del o los componentes electrónicos que se adecuarán a dicha técnica, también se sacarán los cálculos necesarios para obtener un voltaje de salida que en general se acople con el componente VCO.

3.2.1 SECCIÓN DE GENERADOR DE ONDA

En esta etapa hay que tener en cuenta las diferentes técnicas para generar la onda de interferencia es por ello que la elección de esta debe adecuarse a las características de la señal WIFI que proporciona la universidad.

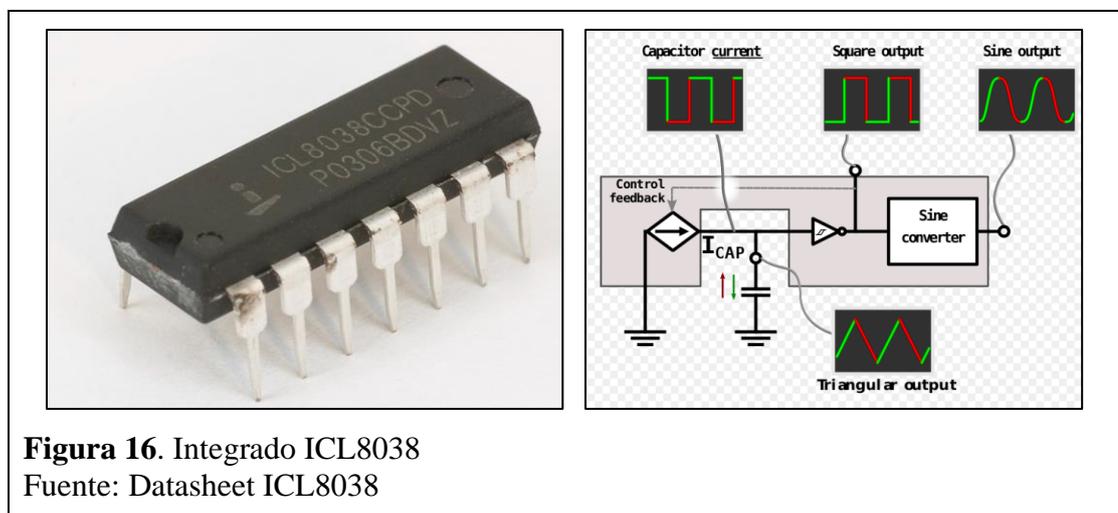
En este caso, el diseño del circuito se adapta a la interferencia por barrido puesto que se espera bloquear todo el espectro de frecuencia de 2.4GHz, tomando en

consideración la técnica de interferencia de banda completa pero también destacar las técnicas de banda parcial y angosta ya que estas se centran en uno de los canales de todo el espectro. Asimismo, la técnica de interferencia por seguimiento se omite por la necesidad de establecer un diseño en el cual rastree la frecuencia del transmisor o dicho de otra forma la triangulación de la señal.

Otro punto a tener en cuenta, que entra en el generador de onda, es el VCO que, como se mencionó anteriormente, su frecuencia depende del voltaje que se le suministre en la entrada por lo que si se realiza un barrido en la frecuencia hay que aplicar un voltaje constante para mantener la señal de interferencia.

El control para que el VCO proporcione la onda deseada depende de la señal cuadrada que se acople al circuito, entonces si se desea bloquear de la frecuencia de 2.4GHz hay que ajustar la frecuencia de bloqueo a 2.8kHz para que su barrido sea uniforme impidiendo la recepción de la señal a los dispositivos de prueba.

Si bien se mencionó la configuración de los OpAmp para el generador de onda tanto cuadrada como triangular, para este proyecto se optó por el uso de un integrado a fin de obtener una onda más precisa. En este caso el integrado elegido es un ICL8038 que es un generador de ondas capaz de entregar ondas cuadradas, sinusoidales y triangulares por medio de tecnología monolítica bipolar que usa diodos Schottky; con frecuencias de hasta 100kHz que cubre los requerimientos.



Los valores de operación del integrado se adaptan al del VCO lo que es perfecto, ya que se evitará el uso de más integrados en el circuito. Dada la selección de 2.4GHz como frecuencia en la que barrerá la señal, hay que controlarla mediante un potenciómetro en unión a un capacitor de 4.7nF a recomendación del fabricante (Véase anexo A1), por lo que el cálculo de la frecuencia de oscilación según el ciclo de trabajo responde a la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.33}{RC}$$

Ecuación 4. Frecuencia obtenida en el ciclo de trabajo

$$f = \frac{0.33}{R(4.7nF)}$$

Dado que no hay cálculo que especifique con exactitud la frecuencia en la que el barrido interfiera con la señal toca realizar a prueba y error, tomando en consideración que el barrido no debe mantenerse constante durante todo el tiempo en que se propaga.

$$f = \frac{0.33}{(4.7k\Omega)(4.7nF)}$$

$$f = 14\,938.88\,Hz \sim 15kHz$$

3.2.2 CIRCUITO SUMADOR NO INVERSOR

Con la ayuda de un OpAmp TL038 se podrá controlar el voltaje de salida de la onda, de las diferentes configuraciones que se pueden establecer en el OpAmp la más indicada es un sumador no inversor que, mediante los voltajes de entrada ($\pm 12V$ y la señal que proviene del generador de onda) se obtendrán una suma de voltajes. A esto se le debe agregar un componente que se pueda controlar externamente como es el potenciómetro.

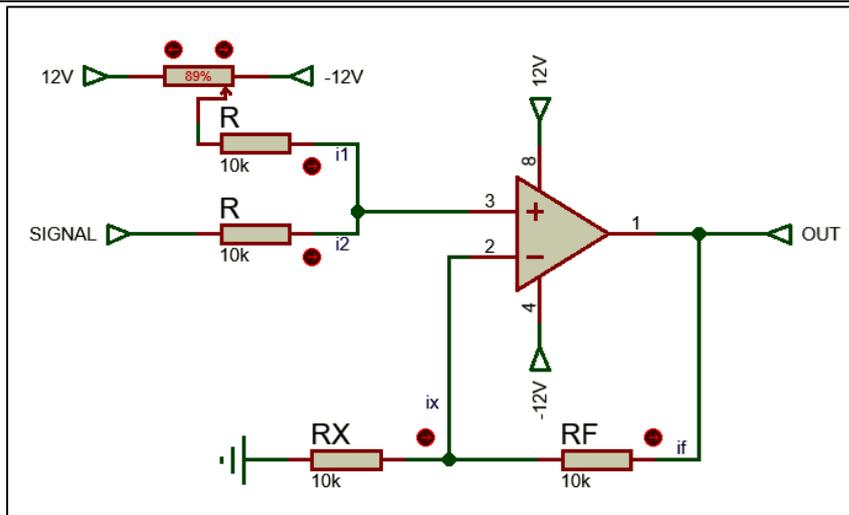


Figura 17. Circuito sumador no inversor en Proteus
Elaborado por: Josué Plaza

3.2.2.1 CÁLCULO DE VOLTAJE DE SALIDA

Dado que los voltajes de entrada dependen de sus respectivos potenciómetros, es necesario realizar los cálculos para obtener los voltajes de salida. Con base en las ecuaciones de Kirchhoff:

$$i_x = i_f$$

Ecuación 5. Ley de Kirchhoff en la terminal no inversora

$$\frac{V_x - 0}{R_x} = \frac{V_o - V_x}{R_f}$$

$$V_x(R_f) = (V_o - V_x)(R_x)$$

$$V_o(R_x) = (V_x)(R_f + R_x)$$

$$V_x = V_o \left(\frac{R_x}{R_f + R_x} \right)$$

Ecuación 6. Voltaje en la terminal no inversora

$$i_1 + i_2 = 0$$

Ecuación 7. Ley de Kirchhoff en la terminal inversora

$$\frac{V_1 - V_x}{R} + \frac{V_2 - V_x}{R} = 0$$

$$V_x = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Ecuación 8. Voltaje en la terminal inversora

Igualando las ecuaciones resultantes de V_x :

$$V_o \left(\frac{R_x}{R_f + R_x} \right) = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$V_o = (V_1 + V_2) \left(\frac{R_f + R_x}{2R_x} \right)$$

Se asume que $R_f = R_x$

$$V_o = (V_1 + V_2)$$

Ecuación 9. Voltaje de salida del amplificador

Al controlar las entradas con los potenciómetros habrá a un punto en donde se obtendrán los valores necesarios para que el VCO opere con el barrido a 2.4GHz, los VCO por lo general operan a un voltaje de entre 5mV a 4.7V por tanto en el voltaje de salida va a variar.

Estableciendo un caso:

$$V_o = (2.7V + 2Vp)$$

V_1 correspondería al voltaje de offset y V_2 a la amplitud de la señal cuadrada.

3.3 SECCIÓN DEL OSCILADOR

Esta es una de las etapas más importantes del proyecto pues de este componente depende todo el sistema de generador de inferencias, la elección de este componente varía de acuerdo con el circuito previo además de la disponibilidad de compra.

CARACTERÍSTICAS	UNI	OSCILADOR CONTROLADOR POR VOLTAJE		
		CVCO55CC- 2400-2415	CVCO55BE- 2400-2500	DCRO23253- 10
Frecuencia de oscilación	MHz	2400-2415	2400-2500	2300-2530
Tensión de sintonización	VDC	0.3-4.7	0.3	0.5-12
Tensión de alimentación	VDC	4.75-5.25	2.85-3.15	10
Potencia de salida	dBm	+2.0 a +7.0	-3.0 a +3.0	+5.0
Corriente de operación	mA	40.0	20.0	40.0
Sensibilidad de sintonización	MHz/V	56	65	26-34

Tabla 7. Comparativa de VCO a 2.4GHz

Elaborado por Josué Plaza.

Fuente: Datasheet (CVCO55CC-2400-2415, CVCO55BE-2400-2500, DCRO23253-10)

Según el circuito y analizando la tabla comparativa la mejor opción es el CVCO55CC-2400-2415 que ayudará a bloquear gran parte el espectro de 2.4GHz esto por la potencia de salida que amplía la variedad de antenas transmisoras que se pueden acoplar al VCO, la variación de la salida está atada a la posición de los potenciómetros.

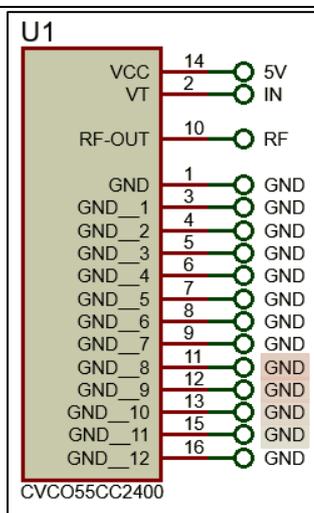


Figura 18. Esquemático VCO creado en Proteus

Elaborado por: Josué Plaza

Según la gráfica que proporciona el datasheet del VCO la variación de la frecuencia es lineal con su voltaje:

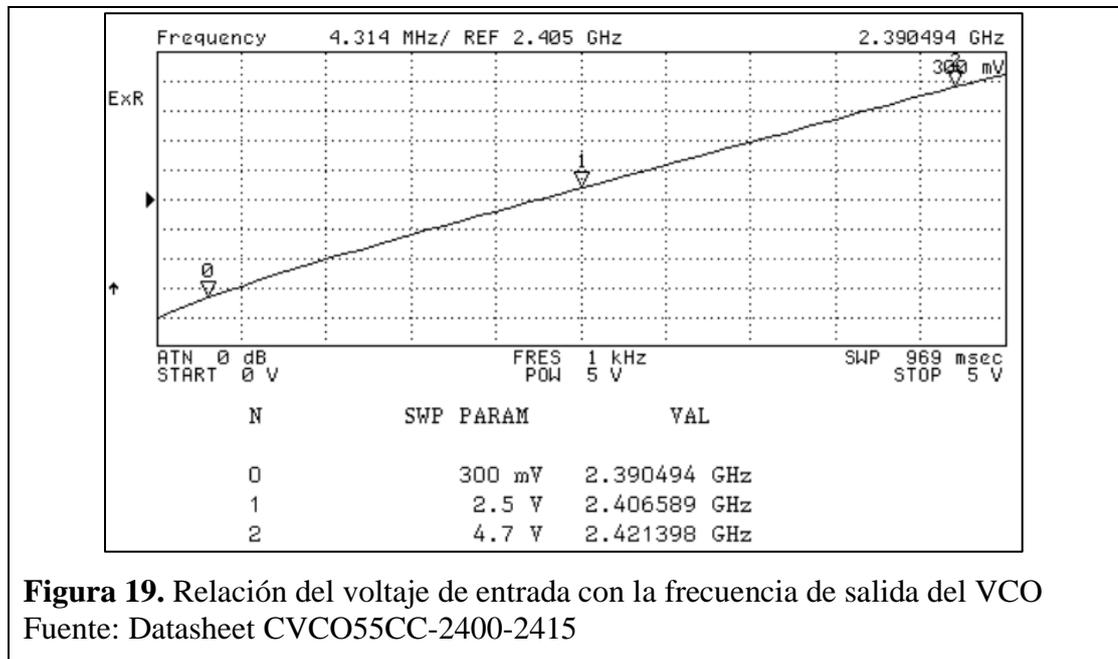


Figura 19. Relación del voltaje de entrada con la frecuencia de salida del VCO
Fuente: Datasheet CVCO55CC-2400-2415

Hay que resaltar que la disponibilidad de estos componentes se ve dificultada por el lugar de distribución, pues al menos los que se necesitarán para el proyecto, no se encuentran en el país.

3.4 AMPLIFICADOR DE RADIOFRECUENCIA

En esta fase las características de la red presente en la universidad y la respuesta en frecuencia del VCO juegan un papel importante, pues de estas dependen de que la señal del generador pueda bloquear la red de 2.4GHz.

3.4.1 POTENCIA DE RED

De los diferentes puntos de acceso de la universidad se van a tomar los más cercanos al laboratorio cuyas características fueron mencionadas anteriormente, para la elección de la antena que ayudará a transmitir la señal de bloqueo se utilizó el software WIFI Analyzer. El punto de acceso más cercano se encuentra a aproximadamente 7mts del laboratorio de telecomunicaciones donde opera, en el momento del análisis, los canales 1, 6 y 11 se encuentran activos, esto es para evitar el solapamiento de redes en el espectro; con una media de potencia de -60 dBm.

Con estos datos se reduce la elección de antenas pues se necesita una que al menos emita una señal de 40 dBm o más.

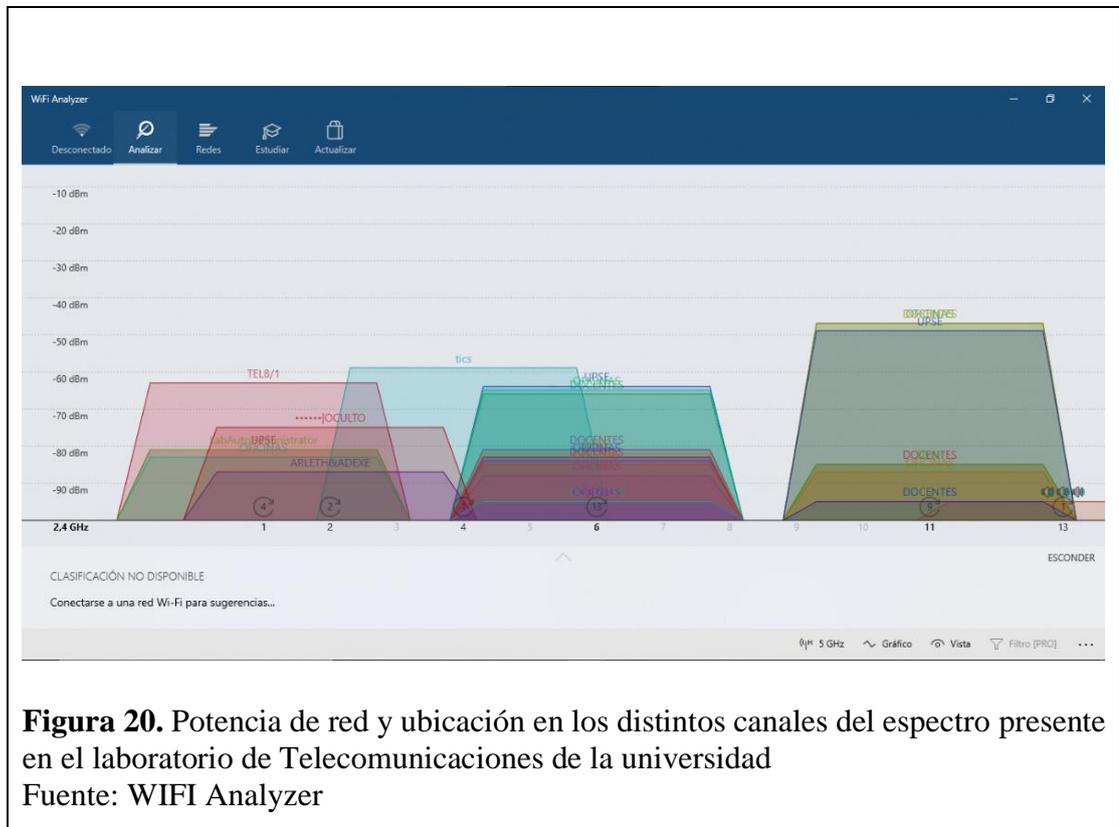


Figura 20. Potencia de red y ubicación en los distintos canales del espectro presente en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad
Fuente: WIFI Analyzer

3.4.2 SECCIÓN DE AMPLIFICADOR RF

Dados requerimientos que se necesita para poder bloquear la red con el dispositivo y para mantener la idea de construir un generador a bajo costo la elección del amplificador de radiofrecuencia recae en la facilidad de adquisición, es por ello que se eligió un amplificador comercial. El realizar uno casero llevaría a más costos de fabricación, con respecto a la elección de integrados, una antena que se adapte a las necesidades del usuario entre otras.

La elección del amplificador según las características del VCO se describe en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS	UNI	AMPLIFICADOR RF 2.4GHz		
		EDUP EP-AB003	ZX60-2531M (Amplifier)	TechIntheBox (Amplifier)
Frecuencia de oscilación	MHz	2400-2500	500-2500	2400-2500
Potencia de entrada	dBm	3-20	10	5-20
Potencia de salida	dBm	39	18.2	33
Voltaje de alimentación	VDC	12	5	5
Impedancia	Ω	50 (Cable)	50 (Directo)	50 (Cable)

Tabla 8. Comparativa de Amplificadores RF

Elaborado por Josué Plaza.

Fuente: Datasheet (EDUP EP-AB003, ZX60-2531M, TechIntheBox-Amplifier)

Si se analiza la potencia requerida para que el amplificador dé una señal de interferencia dos de las opciones serían adecuadas pues, aunque el VCO tenga una mínima potencia de 2.0 dBm esta es muy manipulable por el voltaje que se le suministre llegando hasta 7.0 dBm. La cuestión es la potencia de salida de la antena pues se requiere un valor mayor de 40 dBm para poder interferir con la señal WIFI de la universidad, por lo que se descarta una de las opciones resultando el amplificador EDUP EP-AB003 como la óptima para transmitir la señal de bloqueo.



Figura 21. Amplificador EDUP EP-AB003

Fuente: EDUP Electronics Technology Co.

3.5 LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE PLACA

Entre los diferentes tipos de líneas de transmisión la que mejor se adapta a al sistema es la de tipo planar pues se considera que el VCO es de montaje superficial, esto trae la ventaja de permitir la transmisión de altas frecuencias.

Dentro de este tipo de línea de transmisión su utilidad radica en la interconexión de componentes electrónicos en circuitos eléctricos o impresos donde su estructura será un punto clave para que el VCO transmita la señal de interferencia. En este caso, la guía de ondas coplanares es la mejor opción dada la estructura del VCO, su diseño resulta una facilidad puesto que muchas de las entadas están puestas a tierra.

Como se montarán los componentes en un circuito impreso hay que tomar en cuenta el tipo de componente dieléctrico que estará compuesta la placa, esto debido a que su constante dieléctrica, separación de cintas y ancho de la placa influirá en gran medida con la impedancia característica de la línea de transmisión.

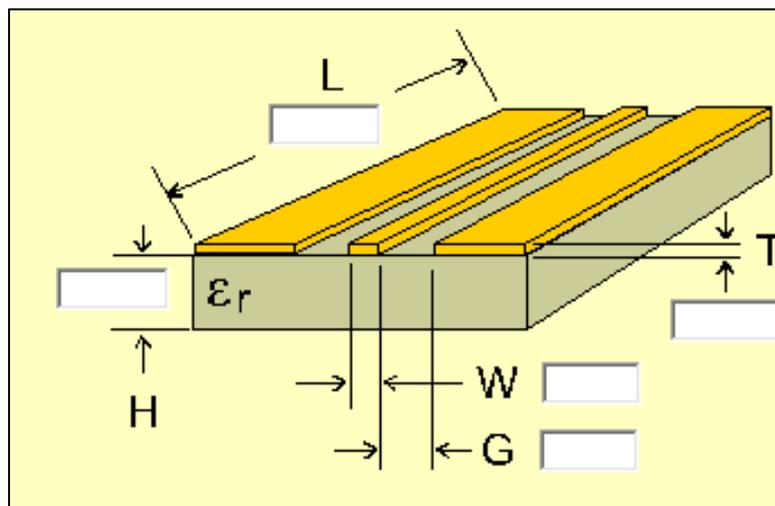


Figura 22. Línea de transmisión coplanar

Fuente: Interfaz para selección de datos en AppCAD

Para este proyecto el VCO trabajará montado en un circuito impreso de fibra de vidrio estándar lo que brindará un acoplamiento de 50Ω (valor típico para la transmisión de la onda), cuyas características del material son:

Fibra de vidrio (FR4)		
Tipo	Permitividad relativa	Espesor
FR4 Estándar	4.0	0.2-3.2mm
FR4 High TG	Hasta 4.8	0.6-3.2mm
FR4 High CTI	Hasta 4.8	1,6mm
FR4 Sin lámina de cobre	Menos de 4.0	0.3-5mm

Tabla 9. Características de FR4
Elaborado por Josué Plaza
Fuente: High Quality PCB Co.

Su diseño en Proteus fue creado desde cero ya que no existe el componente VCO en el software, su tablero PCB se verá modificado a lo largo de su construcción.

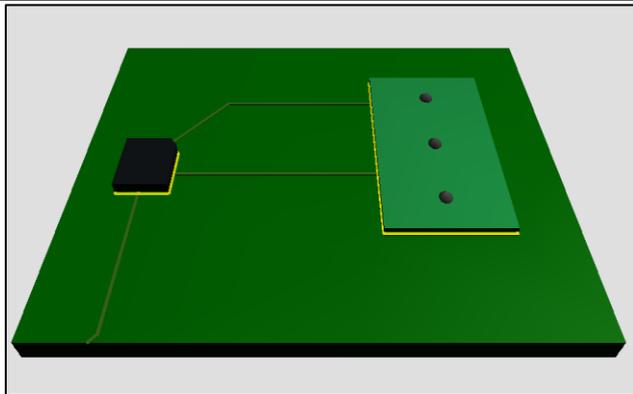


Figura 23. VCO acoplada a placa PCB en software Proteus
Elaborado por Josué Plaza

Se le debe adaptar una salida coaxial RG316 cuya extensión viene incluida en el amplificador para que extienda la señal a través de la antena de 6 dBi que además es una antena omnidireccional siendo óptimo para el uso de bloqueo de señal.

3.6 DISEÑO DE CAJA PROTECTORA

Para esta sección, con la ayuda del software AutoCAD 2018, se logrará diseñar una caja que proteja el circuito. Las dimensiones mostradas a continuación tienen sus unidades en centímetros

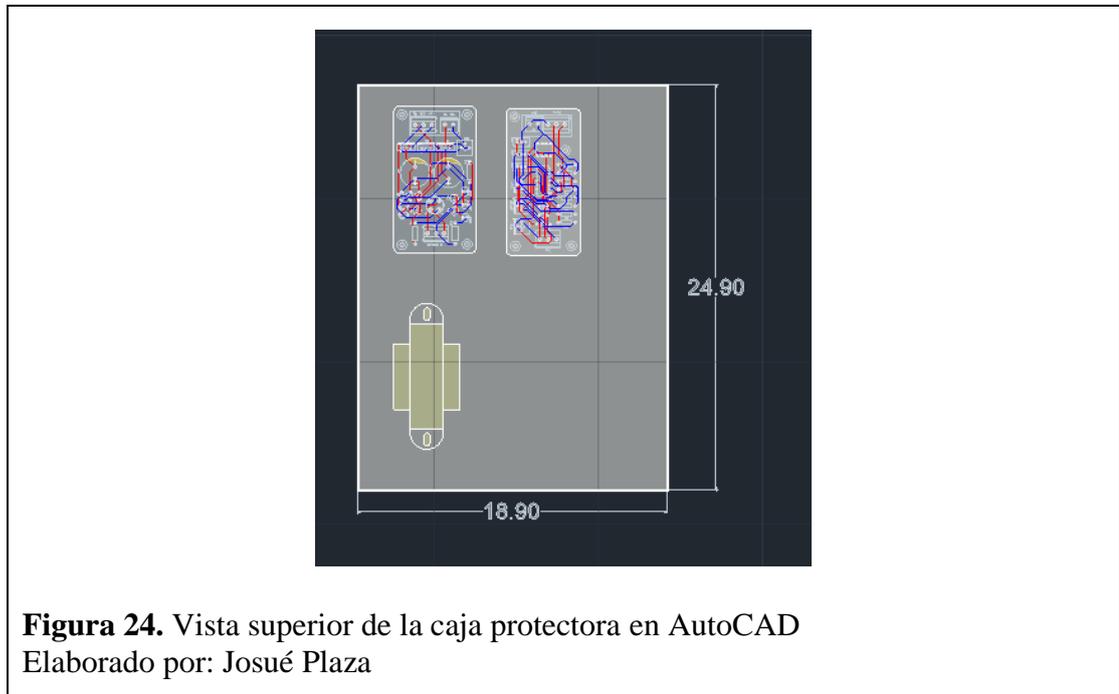


Figura 24. Vista superior de la caja protectora en AutoCAD
Elaborado por: Josué Plaza

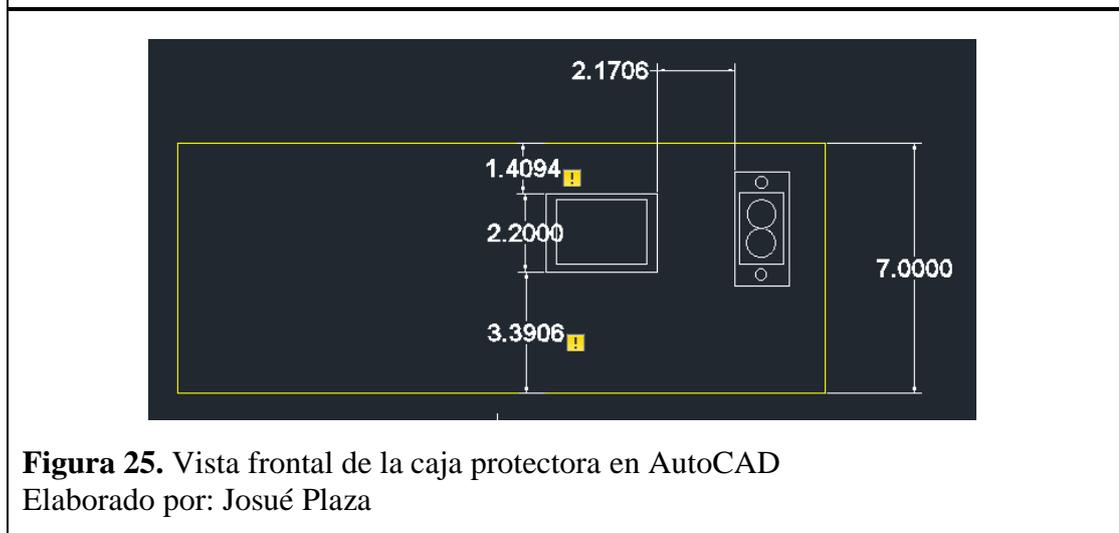


Figura 25. Vista frontal de la caja protectora en AutoCAD
Elaborado por: Josué Plaza

Gracias a la exportación de circuitos del software Proteus 8.11 se puede tener una idea de la ubicación de cada uno de los circuitos de su respectiva etapa de diseño.

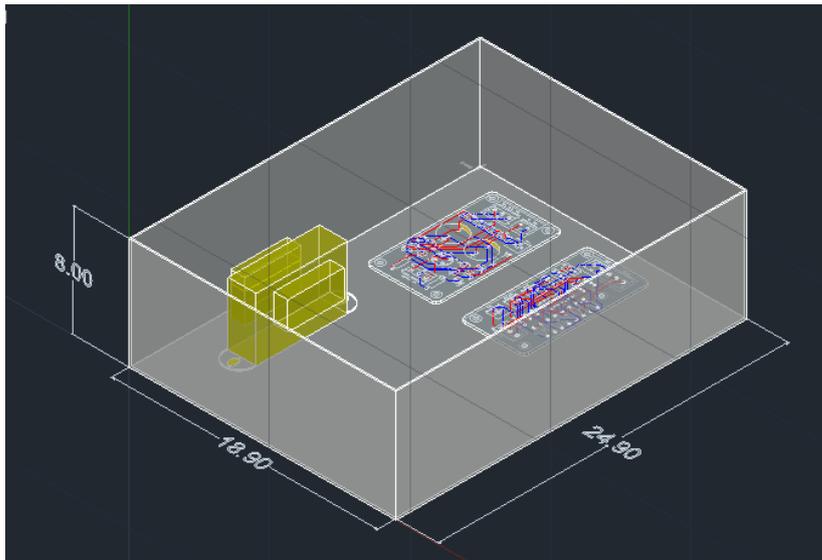


Figura 26. Diseño 3D de la caja protectora en AutoCAD
Elaborado por: Josué Plaza

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

4.1 ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN

Según la información recolectada, se creó primero la fuente de alimentación de todo el circuito que consta de salidas de 5VDC, que servirán para alimentar el VCO y otra salida ± 12 VDC utilizada para alimentar los integrados ICL8038 y TL038. La alimentación que necesita el amplificador de radiofrecuencia se la obtiene mediante el propio adaptador que viene incluido en el equipo.

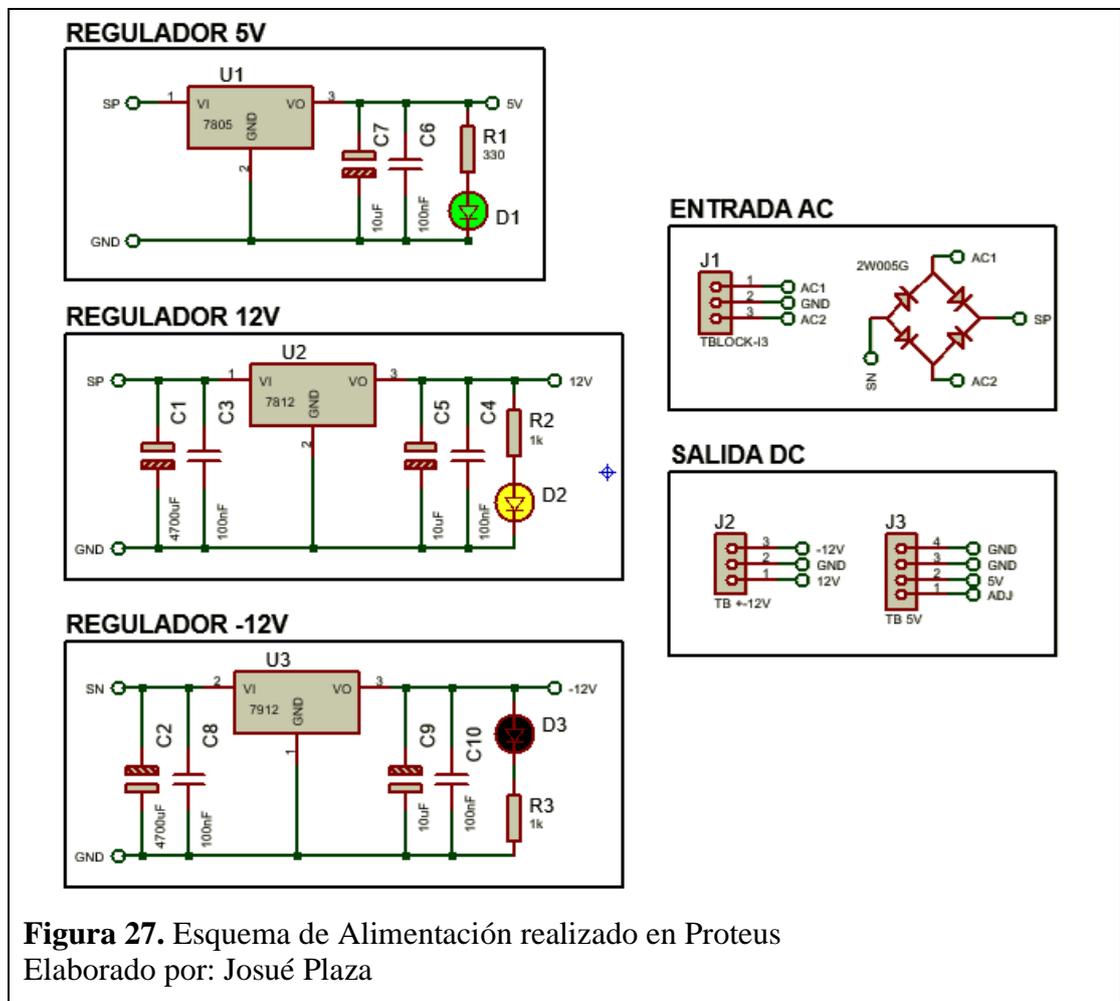


Figura 27. Esquema de Alimentación realizado en Proteus
Elaborado por: Josué Plaza

El funcionamiento en esta etapa comienza en el bloque TBLOQU que corresponde a las entradas del transformador que pasan por el puente rectificador donde alimenta a los reguladores de voltajes y sus respectivos filtros para obtener sus salidas en los bloques TB $\pm 12V$ y TB 5V.

Mediante el osciloscopio de Proteus se observa que los voltajes de salida del circuito corresponden a los valores esperados. Cabe resaltar que para la prueba en el software se utilizaron una gran cantidad de recursos del ordenador es por ello que su visualización es reducida, pero gracias a las puntas de prueba se pueden observar los valores de mejor manera como lo observado en la figura 28.

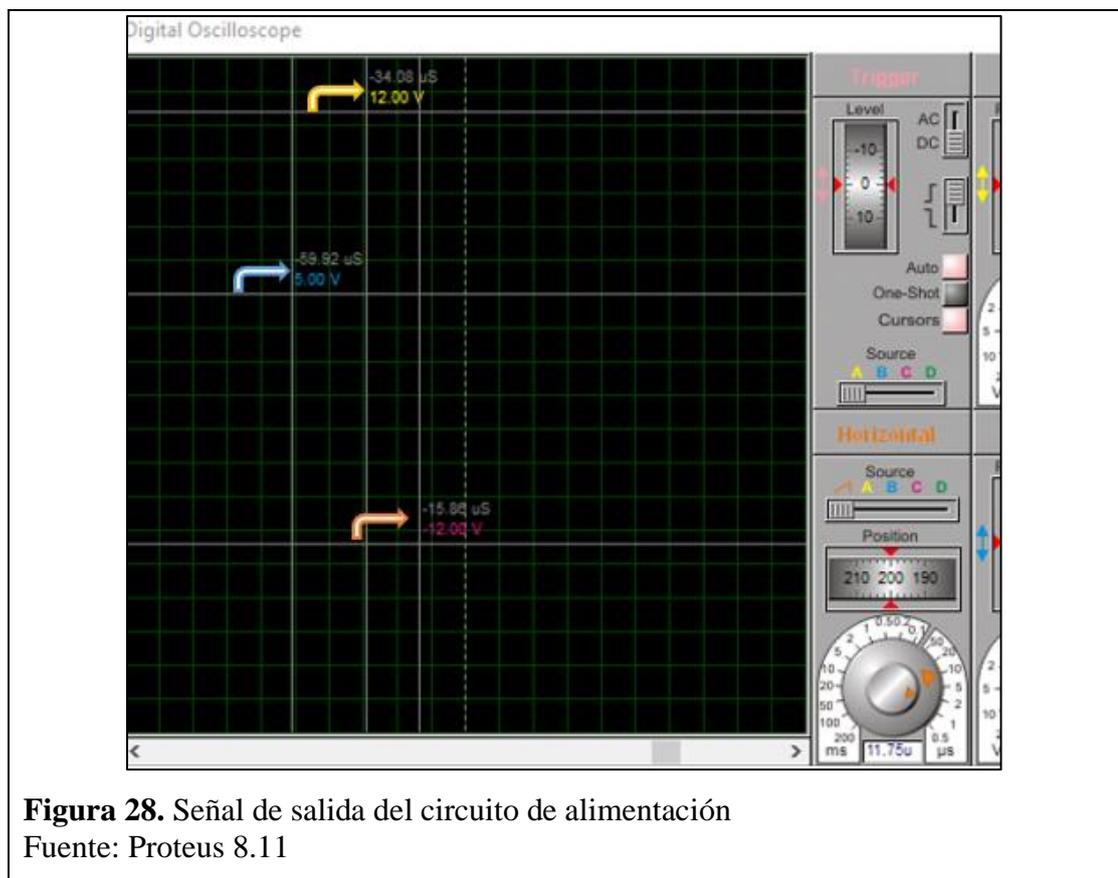


Figura 28. Señal de salida del circuito de alimentación
Fuente: Proteus 8.11

Se procedió a realizar la fuente en una protoboard para comprobar la efectividad del circuito donde no se obtuvo ninguna dificultad salvo una pequeña variación de voltaje en la salida de 5VDC esto es debido a las propiedades del regulador LM7805, pero esto no afecta a los demás componentes.

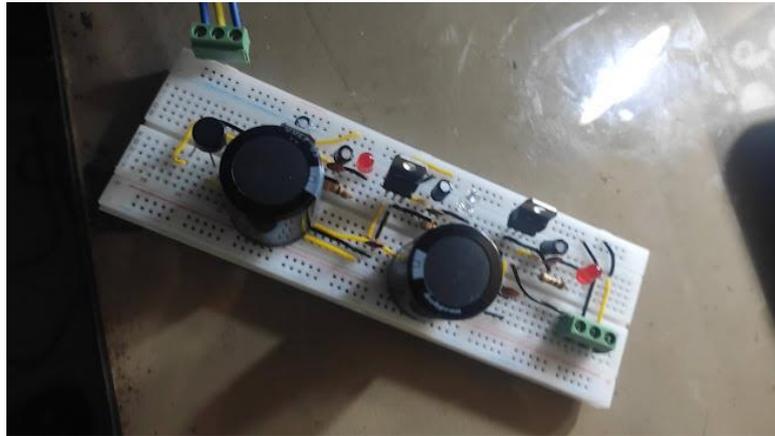


Figura 29. Construcción de la etapa de alimentación
Elaborado por Josué Plaza

Una vez realizadas las pruebas se procedió a diseñar la placa PCB en la plataforma EasyEDA.

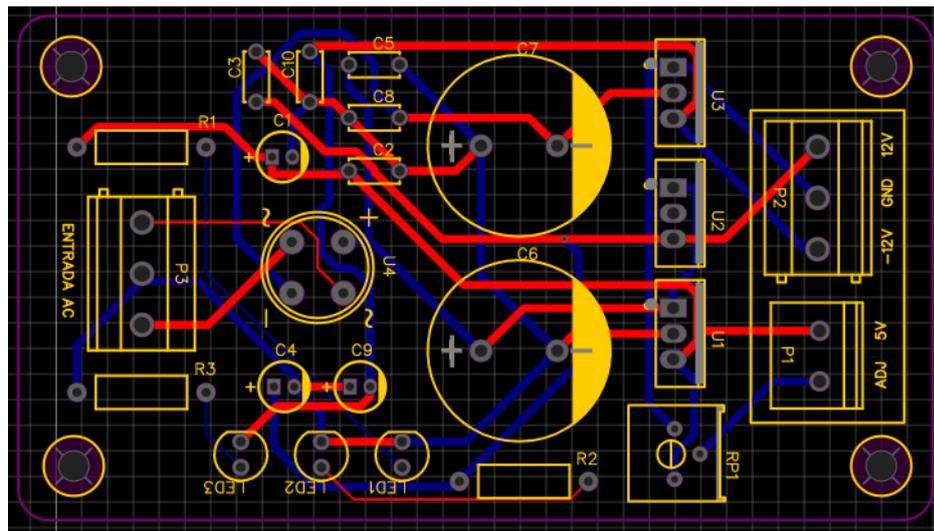


Figura 30. Diseño PCB del circuito alimentación
Elaborado por: Josué Plaza



Figura 31. Circuito de alimentación ensamblado
Elaborado por Josué Plaza

4.2 ESQUEMA DE GENERADOR DE ONDA

Con la recomendación de fabricante (Véase anexo A1) del integrado ICL8038 se puede realizar una configuración con dicho integrado para modificar la frecuencia de la onda de salida según los requerimientos establecidos.

Pasando a la sección del amplificador, este actúa con la configuración de sumador no inversor a fin de poder modificar la amplitud de salida según la ecuación 7 y así emitir una señal que, con el VCO, pueda generar un barrido de 2.4GHz en el espectro electromagnético.

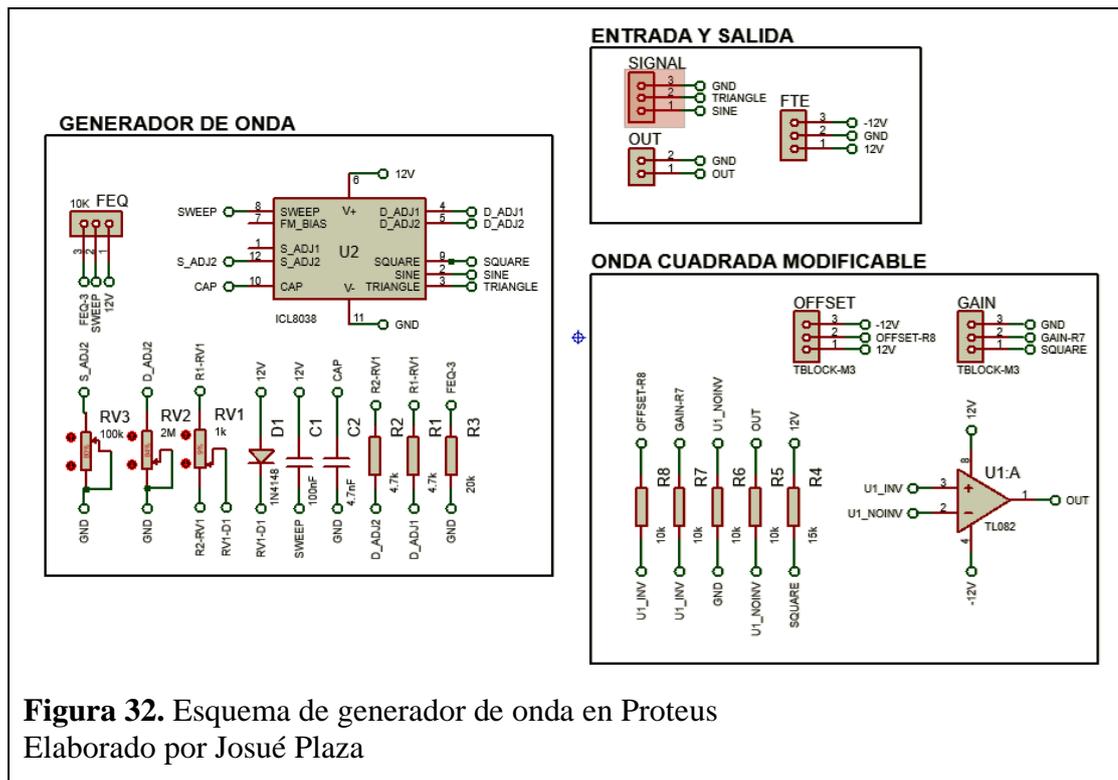
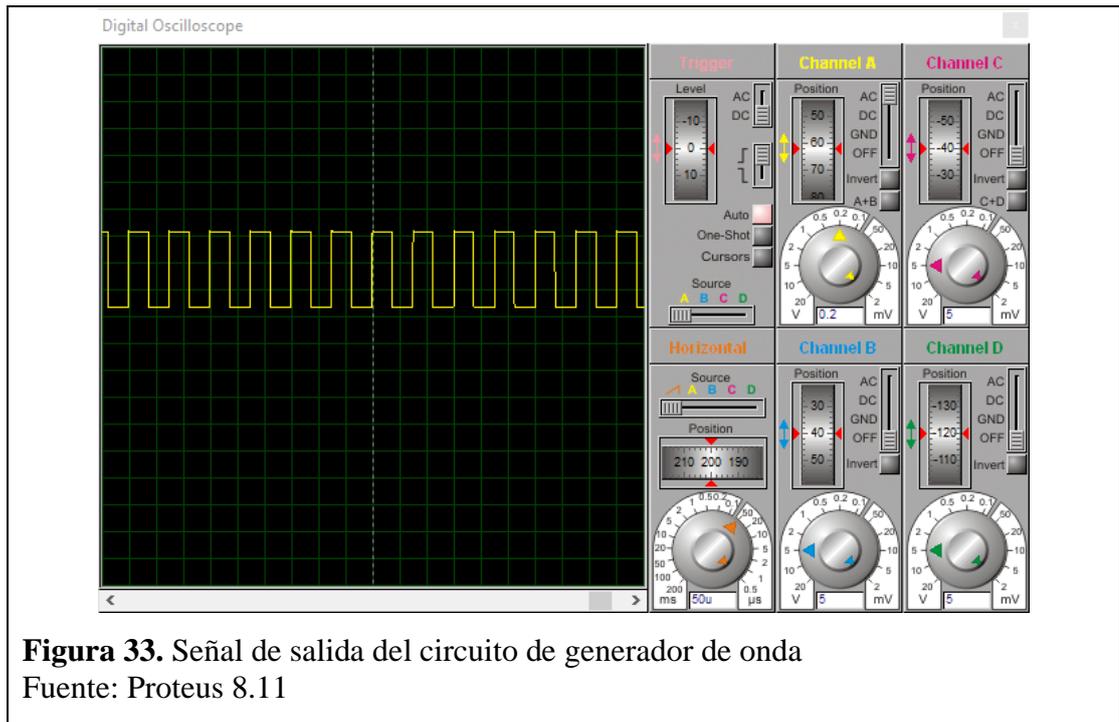


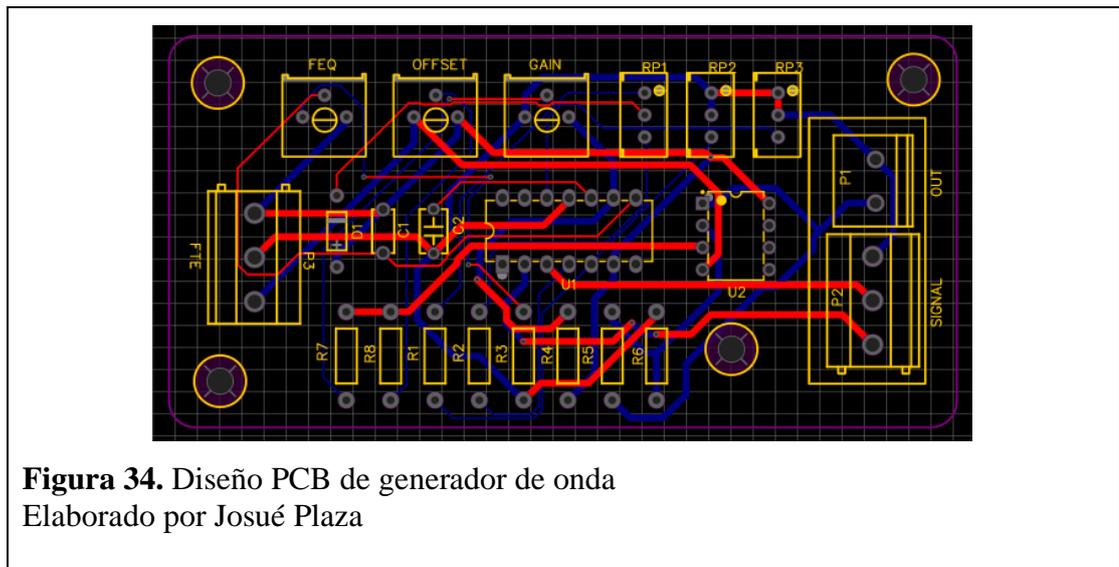
Figura 32. Esquema de generador de onda en Proteus
Elaborado por Josué Plaza

El funcionamiento de esta etapa depende del bloque de entrada FTE que corresponde a la alimentación del integrado ICL8038 y del amplificador, mediante la configuración del integrado esta entrega automáticamente las señales triangular, senoidal y cuadrada, siendo esta última la señal a utilizar. Dicha señal está enlazada al amplificador donde, por medio de los potenciómetros FEQ, OFFSET y GAIN, se pueda modificar la frecuencia y la amplitud.

De la misma forma que se hizo en la sección anterior se procedió a simular el circuito en Proteus cuyos resultados pueden observarse en el osciloscopio de la siguiente figura:



Con lo visto en la figura 33, la señal de salida resulta ser satisfactoria para que el VCO pueda emitir la señal de interferencia por tanto se procede a realizar el esquemático PCB para su posterior ensamble.



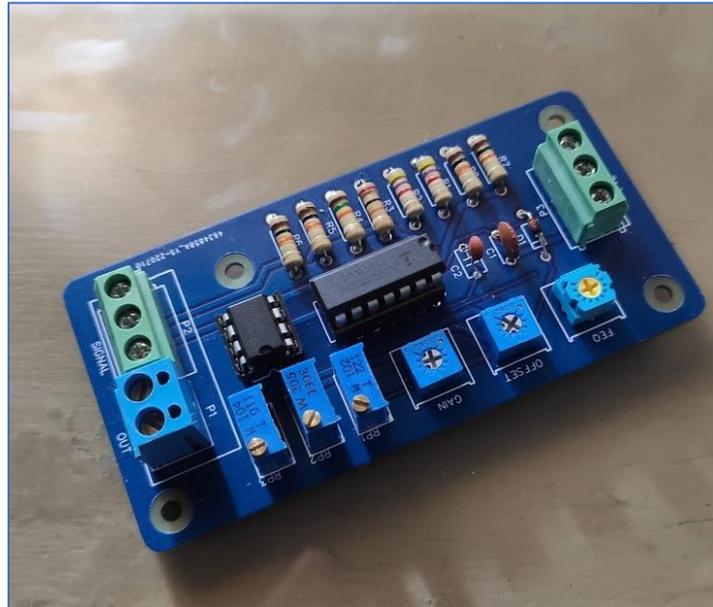


Figura 35. Circuito de generador de onda ensamblado
Elaborado por Josué Plaza

4.3 ESQUEMA DEL OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE

Como se mencionó anteriormente el componente VCO no se encuentra en las librerías de Proteus por lo que se tuvo que crear un esquemático VCO cuyas entradas correspondan con las señales de entrantes del generador de ondas, en este caso son las de VCC que corresponde a la alimentación del componente, VT siendo el voltaje de sintonización del cual es referido como el control en el dominio del tiempo, GND que es la tierra común y por último la salida RF-OUT que iría junto a un conector SMA para ayudar a enviar la señal de interferencia al amplificador.

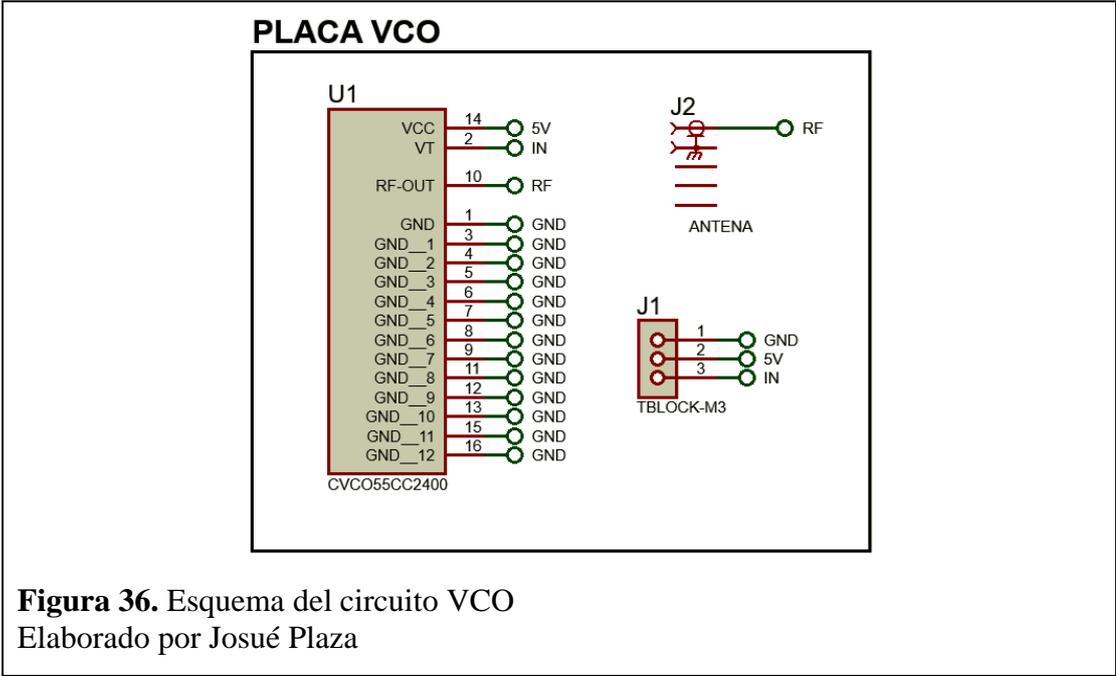


Figura 36. Esquema del circuito VCO
 Elaborado por Josué Plaza

Al ser un esquemático creado desde cero no se pueden hacer las respectivas simulaciones por tanto se toma de referencia el datasheet del componente para saber que voltaje enviar al circuito.

Como se observa en la figura 37 el componente es de tipo superficial por lo que se ubicó en la parte trasera de la placa PCB tal y como se ve en la figura 38.

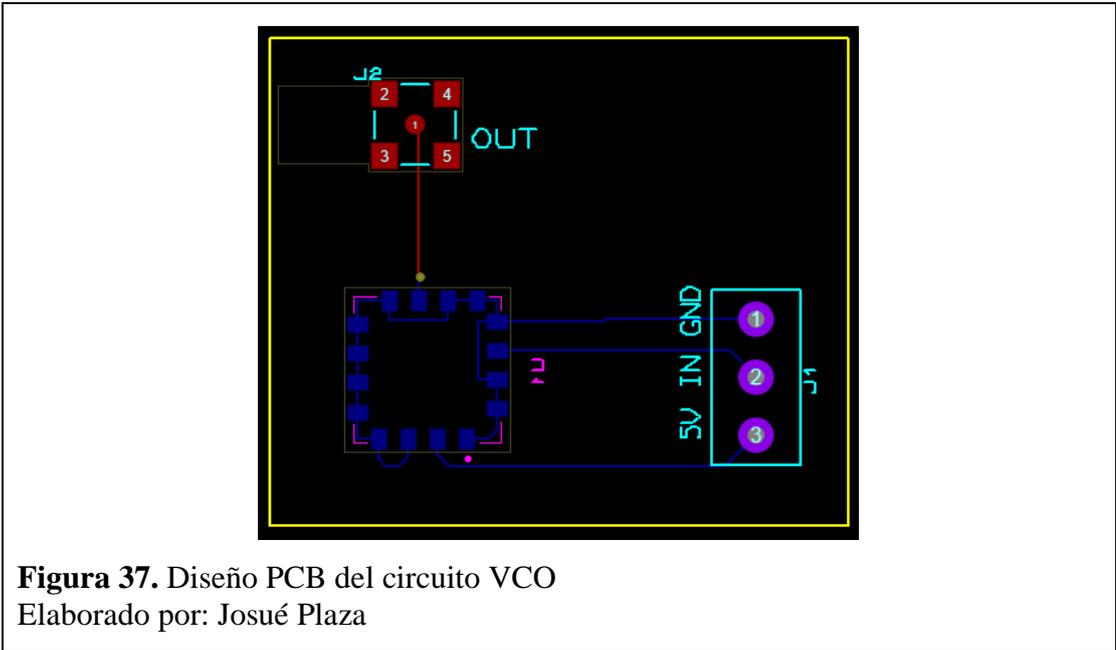


Figura 37. Diseño PCB del circuito VCO
 Elaborado por: Josué Plaza

Gracias a las características de la placa descritas en la tabla 9 se estima una correcta emisión de la señal de interferencia.

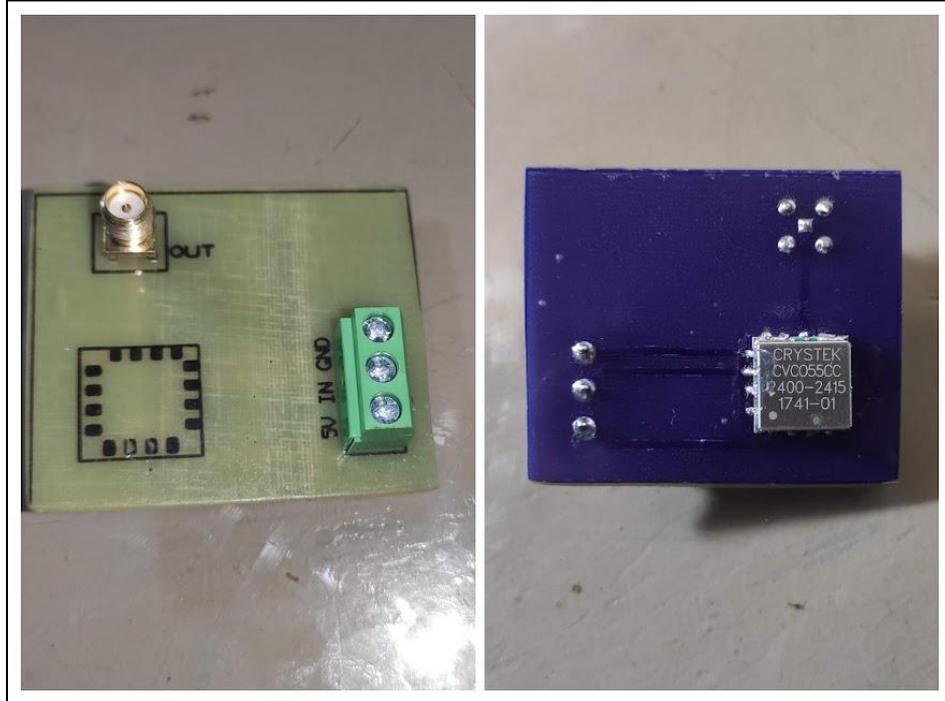


Figura 38. Circuito VCO ensamblado
Elaborado por Josué Plaza

4.4 EQUIPO ENSAMBLADO

Por los circuitos impresos obtenidos y gracias diseño de la caja de la figura 24 se puede ubicar los componentes de forma que no haya inconvenientes eléctricos uno de otro.



Figura 39. Equipo ensamblado
Elaborado por Josué Plaza

Además, en la misma imagen se logra apreciar la incorporación de un cartón piedra con un grosor de 3mm a fin de mantener separados los circuitos impresos de la base metálica evitando así algún posible cortocircuito en el dispositivo.

El amplificador de señal con su respectiva antena se ubicó en la parte superior de la caja para que evite el efecto de una jaula de Faraday para la propagación de ondas electromagnéticas, teniendo mayor énfasis en la sensibilidad del oscilador.

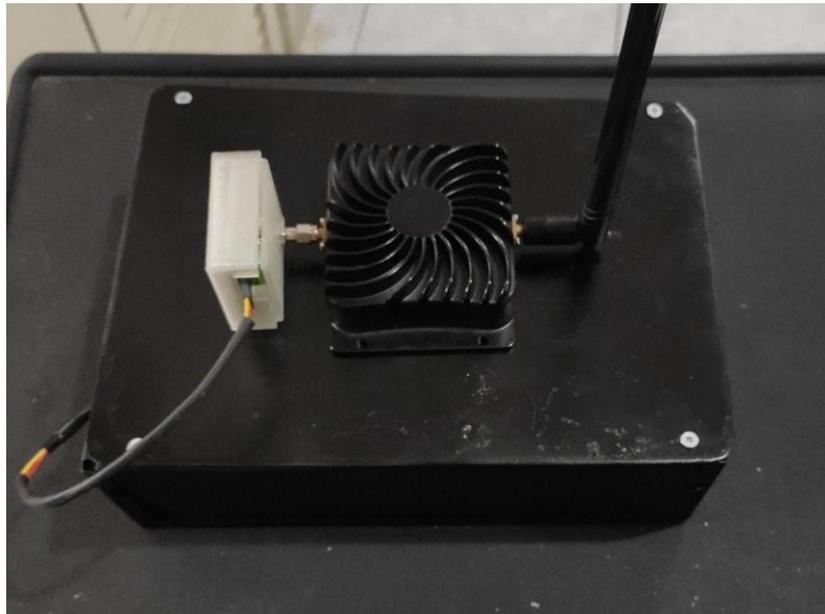


Figura 40. Equipo armado en su totalidad
Elaborado por Josué Plaza

CAPITULO V

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 PRUEBAS EN SECCIÓN ALIMENTACIÓN

Con el circuito de alimentación ya armado se procedió a realizar las pruebas de voltaje para comprobar el estado de los componentes en especial de los reguladores de voltaje, pues si bien se ubicaron leds indicadores estos empiezan a emitir luz a partir de cierto voltaje por tanto se debe revisar si estos están suministrando más de lo requerido.



Figura 41. Medición de los voltajes de salida
Elaborado por Josué Plaza

5.2 PRUEBAS EN SECCIÓN GENERADOR DE ONDA

Para realizar las pruebas de señal en esta sección se hace uso de un osciloscopio en los ajustes de los potenciómetros FEQ, OFFSET y GAIN para obtener la señal a 2.8 kHz con la amplitud de aproximadamente 4.5 V (de acuerdo a la ecuación 9).

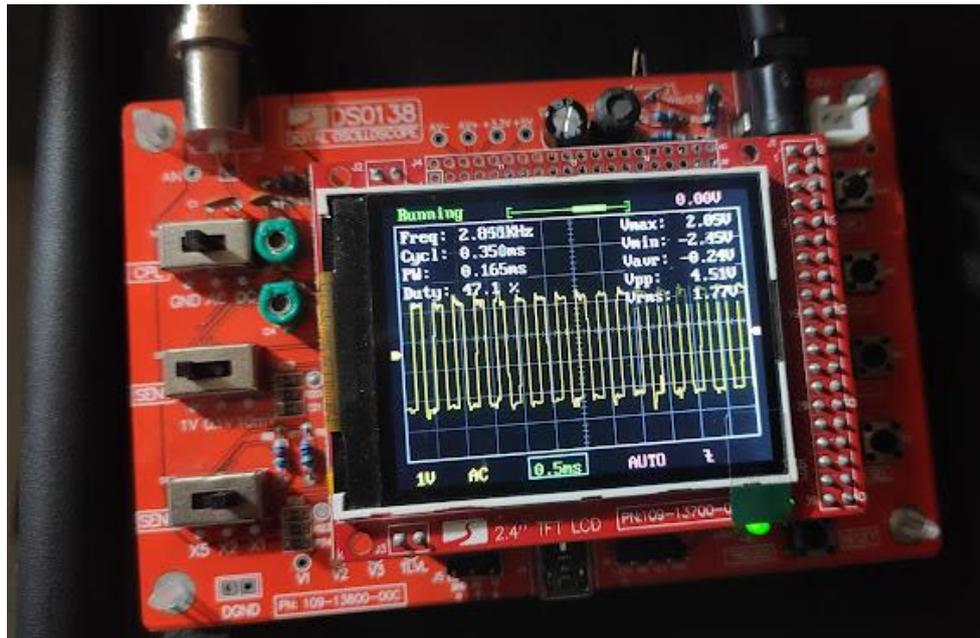


Figura 42. Señal de salida del generador en Osciloscopio Digital DS0138
Elaborado por Josué Plaza

Con lo observado, da una señal igual a la obtenida en la simulación de la figura colocando las puntas de prueba en las salidas del bloque OUT que contiene la señal cuadrada y tierra.

5.3 PRUEBAS EN SECCIÓN VCO

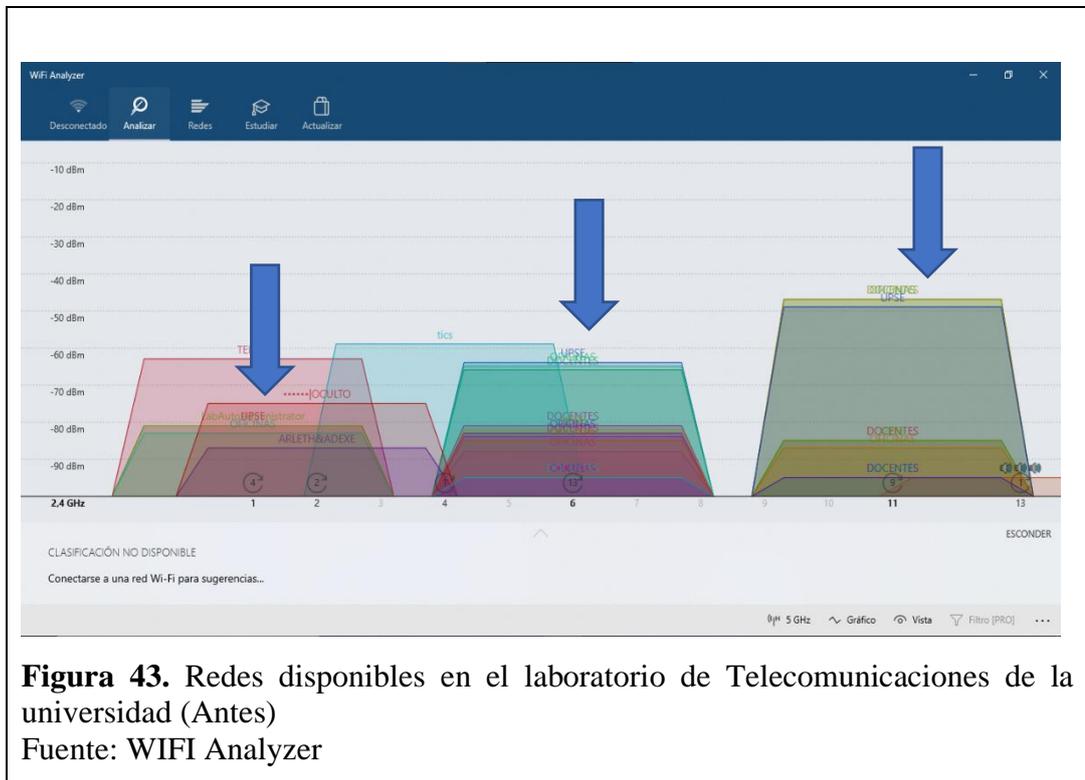
Se realizarán dos pruebas en para esta etapa, una mediante el uso del software WIFI Analyzer y otra con el equipo NARDA SRM-3006.

5.3.1 ANÁLISIS CON EL SOFTWARE WIFI ANALYZER

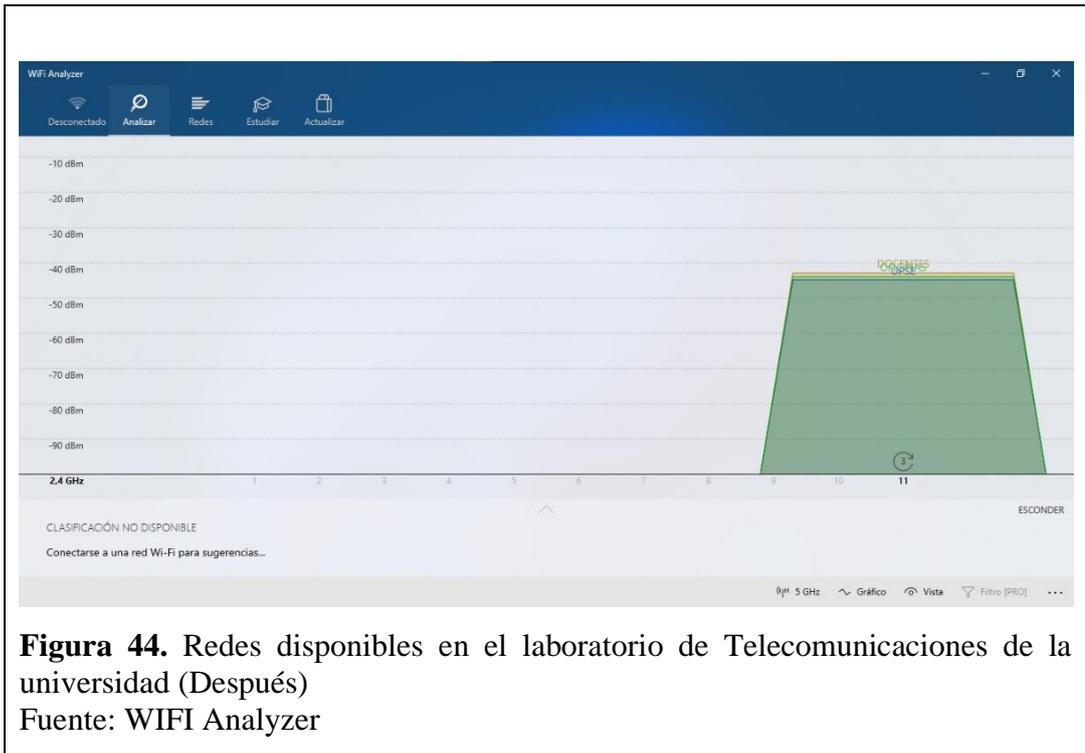
Como se mencionó desde un inicio el equipo debe estar en un espacio controlado por tanto se debe ajustar el voltaje de salida (sintonización) en el circuito para que abarque hasta los 2420MHz esto es aproximadamente 4.5V, para que esto, junto al amplificador que llega hasta 2.5 GHz (especificación técnica), emita la señal de interferencia hasta el canal 8.

Entonces, como se observa en la figura 43, el software hizo el registro de las redes disponibles en los laboratorios de telecomunicaciones destacando la red principal

UPSE cuya configuración se mantiene en los canales 1, 6 y 11 para evitar el solapamiento es decir es multicanal.



Una vez encendido el generador de interferencias se bloquearon al instante todas las redes anteriores al canal 9, dejando en uso solo el canal 11, esto también es debido a las características de la antena emisora WIFI que al momento de encender en equipo aumentó su potencia sobrepasando la del prototipo.



5.3.2 ANÁLISIS CON EL EQUIPO NARDA SRM-3006

Para realizar las pruebas del prototipo se hizo uso del analizador de espectro NARDA SRM-3006 donde se tomaron las pruebas antes y después del encendido del prototipo para ver el estado del espectro de 2.4 GHz manteniendo la configuración en los potenciómetros realizada en la prueba anterior.

Hay que tener en cuenta que el NARDA SRM-3006 registra todas las subidas de señal desde el momento de encendido del mismo, por tanto, el gráfico presenta tres secciones ACT, MAX, MIN que son actual, máximo y mínimo respectivamente.

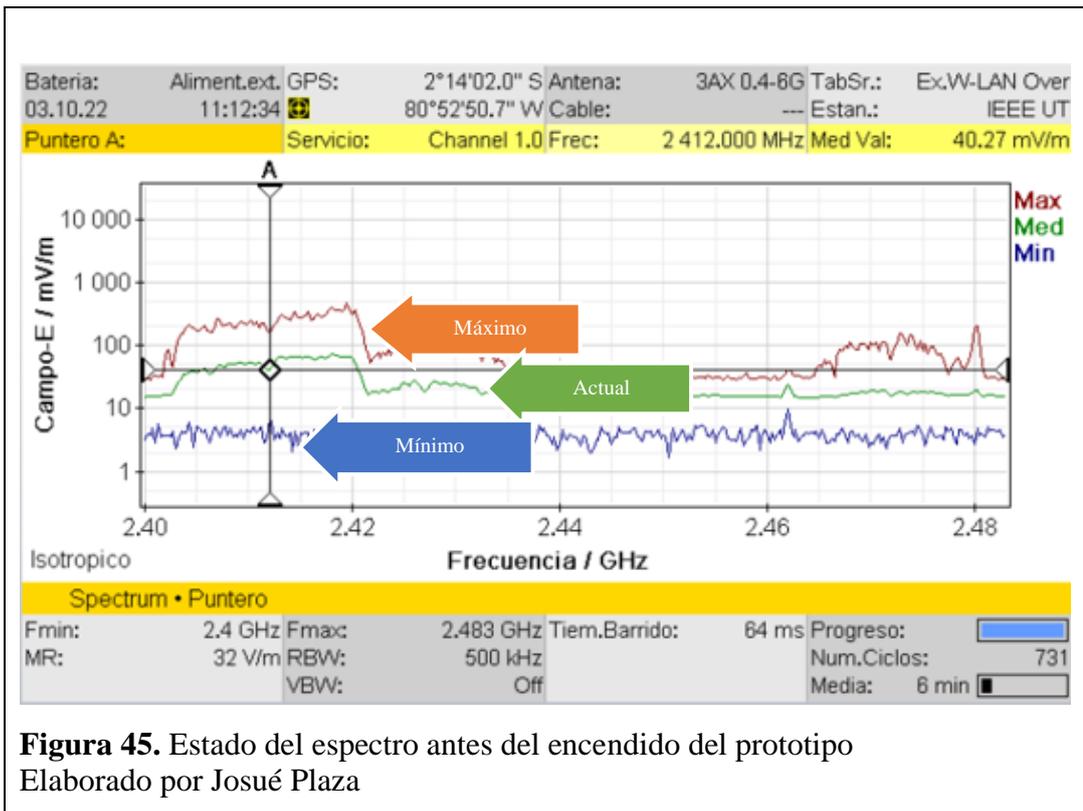


Figura 45. Estado del espectro antes del encendido del prototipo
Elaborado por Josué Plaza

La pequeña elevación que hay en la sección ACT es debido al uso que se tenía en la red al momento del encendido del equipo NARDA.

Ahora, al encender el prototipo se puede observar como la señal de campo eléctrico se eleva hasta llegar al máximo de su registro previo y, tal y como en su prueba anterior, esta bloquea la señal hasta el canal 8 demostrando su efectividad en un ambiente controlado.

Nótese que la elevación del campo eléctrico y por consiguiente la forma de la onda senoidal resultante presente en los rangos 2.40 GHz a 2.43 GHz es debido a la respuesta del oscilador a su voltaje de sintonización máximo

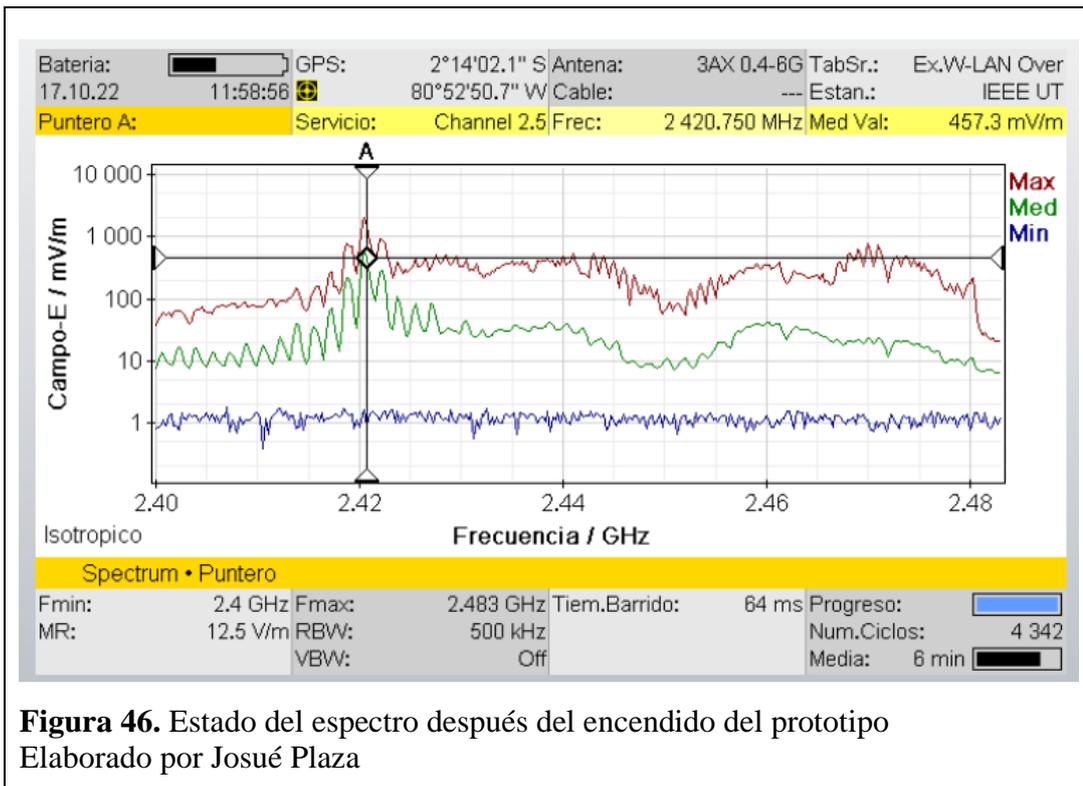


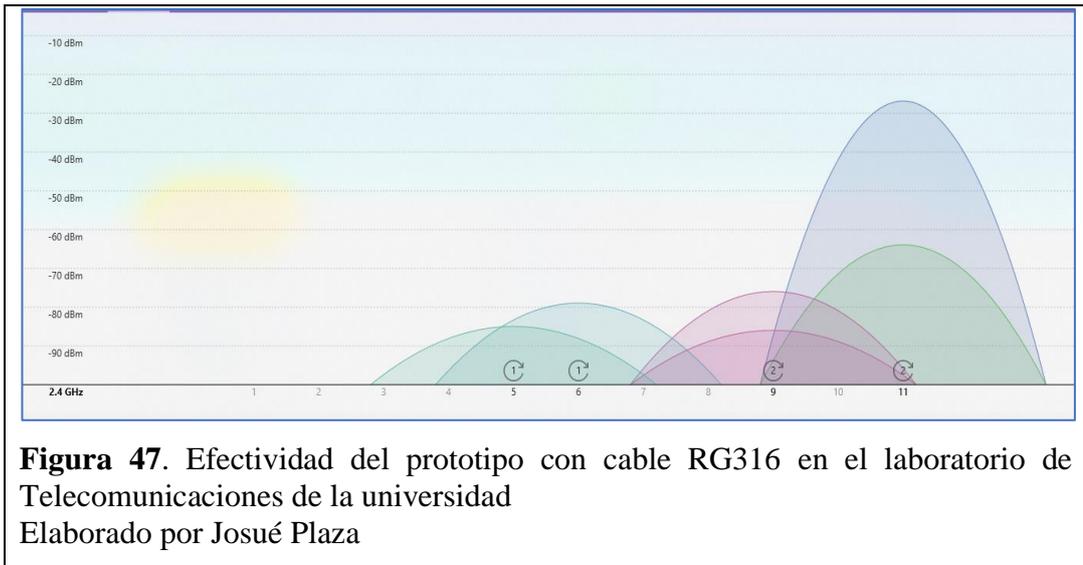
Figura 46. Estado del espectro después del encendido del prototipo
Elaborado por Josué Plaza

5.4 PRUEBAS DE COBERTURA

Para las respectivas pruebas de cobertura del generador de interferencias se realizaron dos pruebas en donde el resultado se adecue con la finalidad del proyecto que es el máximo bloqueo de canales del espectro de 2.4GHz.

5.4.1 PRUEBAS CON CABLE RG316

Gracias al cable incluido en el amplificador de 2.4GHz se puede observar en la figura 47 el comportamiento de la señal con respecto a las redes de prueba, que en este caso no llega a bloquear todo el espectro como se esperaba.



Esto puede deberse a los siguientes factores:

- **Calidad del cable.** Este factor se refiere al estado en el que vino el cable desde su compra.
- **Características de la señal de salida.** Donde se toma como principal componente la frecuencia en la que se transmite la señal (2.415GHz)
- **Tipo de apantallado del cable.** Hace referencia a la malla que protege al núcleo que, al momento de transmitir la señal de interferencia, absorbe el ruido, evitando así la distorsión de datos de envío.

Además de estos factores hay que tomar en cuenta la distancia en la que se toma la muestra de bloqueo. Se observa en la figura 48 que a partir de los 5 metros hay una caída brusca en lo que respecta al bloqueo de la señal.

Los datos de esta gráfica responden a la siguiente tabla donde se midió de forma empírica debido a la aleatoriedad de la respuesta de la señal del prototipo.

Tabla 10. Valores de distancia de bloqueo con cable RG316

Distancia	Porcentaje de efectividad
1 mt	100%
2 mts	85%
5 mts	65%
7 mts	5%
10 mts	0%

Elaborado por Josué Plaza

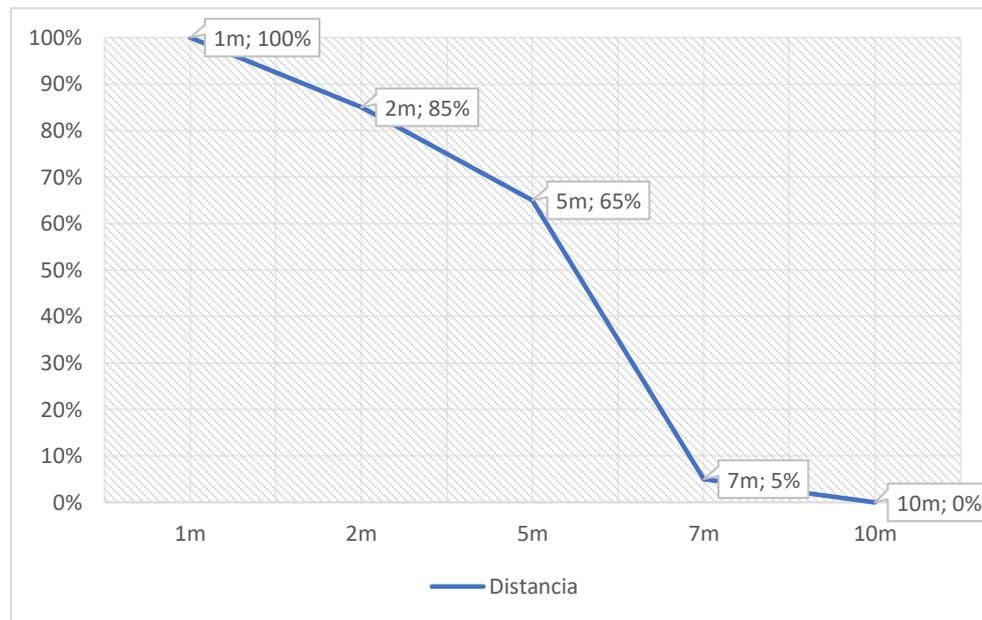


Figura 48. Prueba de distancia de bloqueo con cable RG316

Elaborado por: Josué Plaza

5.4.2 PRUEBAS SIN CABLE RG316

Se realizarán las mismas pruebas de equipo sin el cable RG316, se conectará directamente al amplificador mediante un adaptador macho-macho.

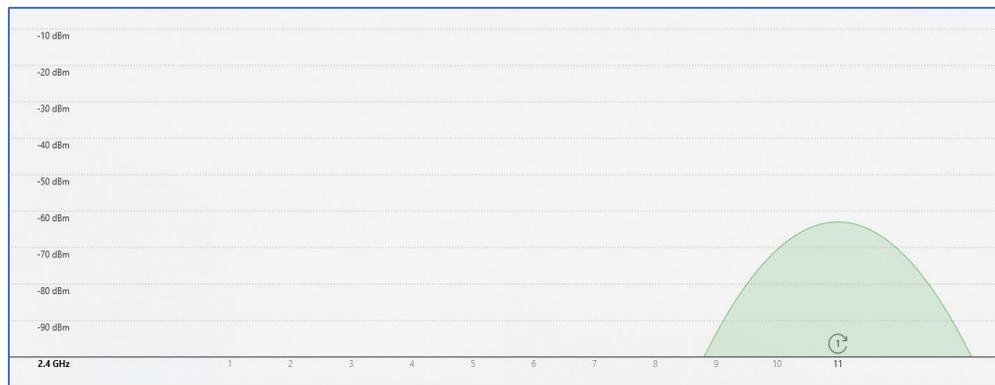


Figura 49. Efectividad del prototipo sin cable RG316 en el laboratorio de Telecomunicaciones de la universidad
Elaborado por: Josué Plaza

Con lo observado en la figura 49 el generador logra bloquear las redes hasta el canal 11. Para mantener su uso en un ambiente controlado es importante variar el voltaje de entrada (voltaje de sintonización) mediante el potenciómetro respectivo (GAIN).

Tabla 11. Valores de distancia de bloqueo sin cable RG316

Distancia	Porcentaje de efectividad
1 mt	100%
2 mts	90%
5 mts	85%
7 mts	5%
10 mts	0%

Elaborado por Josué Plaza

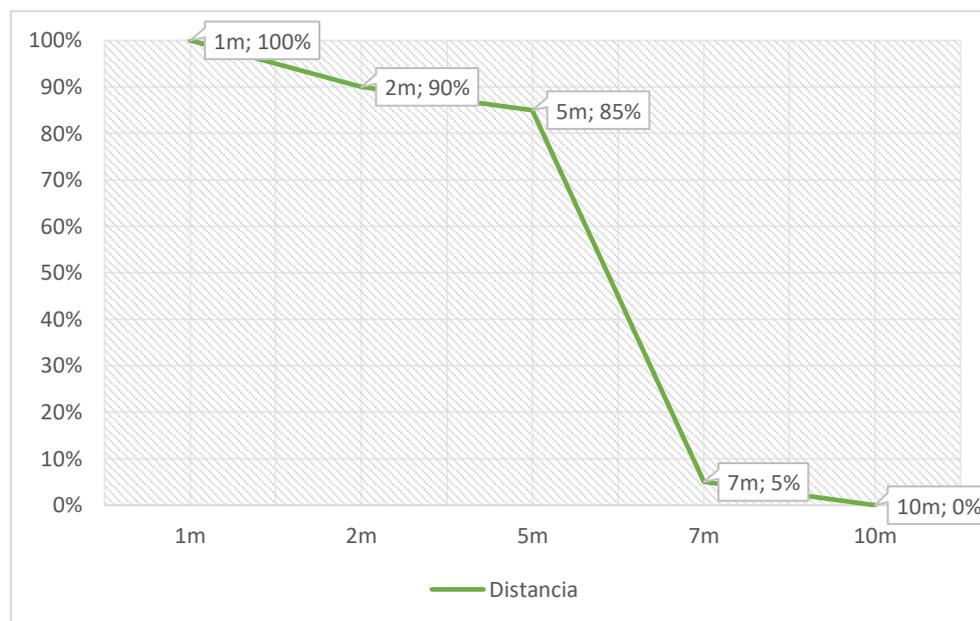


Figura 50. Prueba de distancia de bloqueo sin cable RG316
Elaborado por: Josué Plaza

Con lo observado en la figura 50 el cambio en la distancia con respecto a la conexión directa del amplificador con la salida de la señal se mantiene hasta los 5m donde, al igual que la figura 48 después de esa distancia cae abruptamente, concluyendo que la distancia máxima del prototipo independientemente del cable RG316 es de 5 metros.

5.5 ANÁLISIS DE GENERADOR EXTERNO

El siguiente análisis se basa en el uso de un generador de interferencias externo cuya construcción se realiza con componentes SMD donde el comportamiento de la señal difiere en gran medida al diseñado en este proyecto siendo este último montaje Through-Hole o montaje de agujeros pasantes.

La principal diferencia es el uso del cristal VCO SM2400 y amplificador interno dando lugar a una mayor distancia de bloqueo, pero perdiendo el factor de mantenerse en un ambiente controlado.

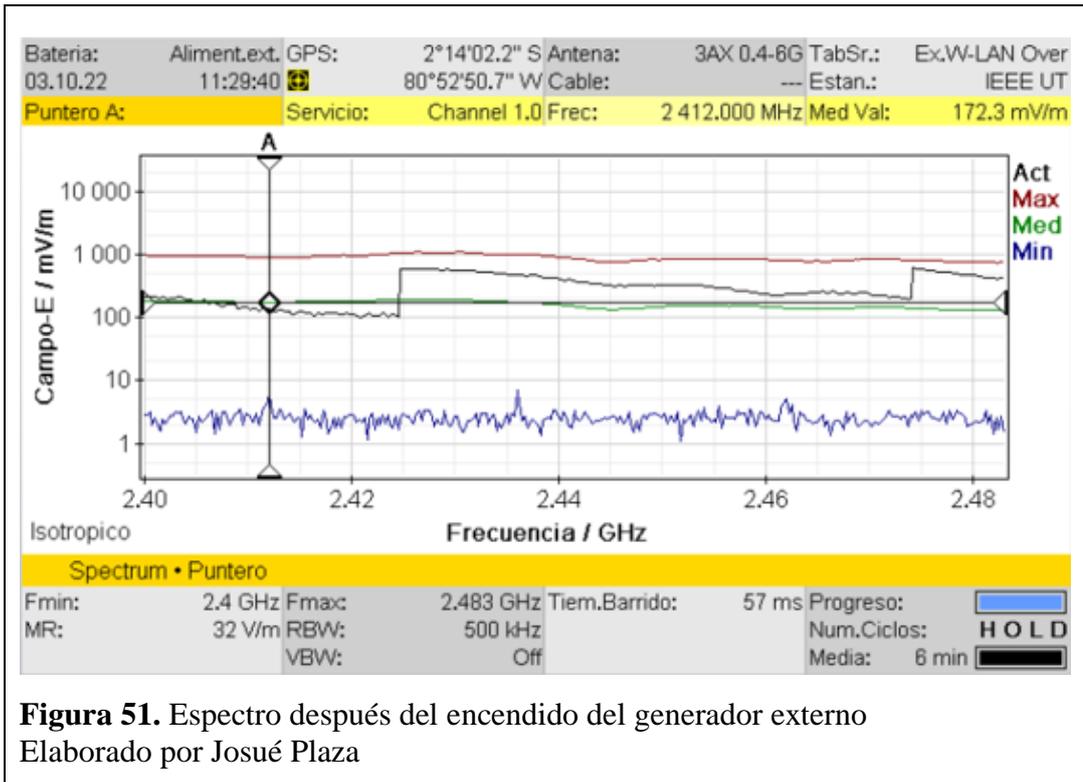


Figura 51. Espectro después del encendido del generador externo
Elaborado por Josué Plaza

Como se logra apreciar en la figura 51 la señal de interferencia del generador externo tiene una subida mayor que el diseñado, debido al componente VCO, tomando forma a la interferencia por pulso vista en el capítulo 2, al contrario del diseñado que toma forma a la interferencia por barrido.

Con respecto al bloqueo de los canales, en la figura 52 se observa que este generador logra bloquear en su totalidad los canales del espectro de 2.4GHz, pero existe el inconveniente de no poder modular el voltaje de sintonización del VCO para poder disminuir la frecuencia de bloqueo.



Figura 52. Efectividad del generador externo
Elaborado por: Josué Plaza

Su distancia, en comparación con el generador diseñado presenta cambios como se ve en la figura 53 en función de los datos de la siguiente tabla.

Tabla 12. Valores de distancia de bloqueo del generador externo

Distancia	Porcentaje de efectividad
1 mt	100%
2 mts	100%
5 mts	100%
7 mts	95%
10 mts	80%
15 mts	70%
20 mts	60%

Elaborado por Josué Plaza

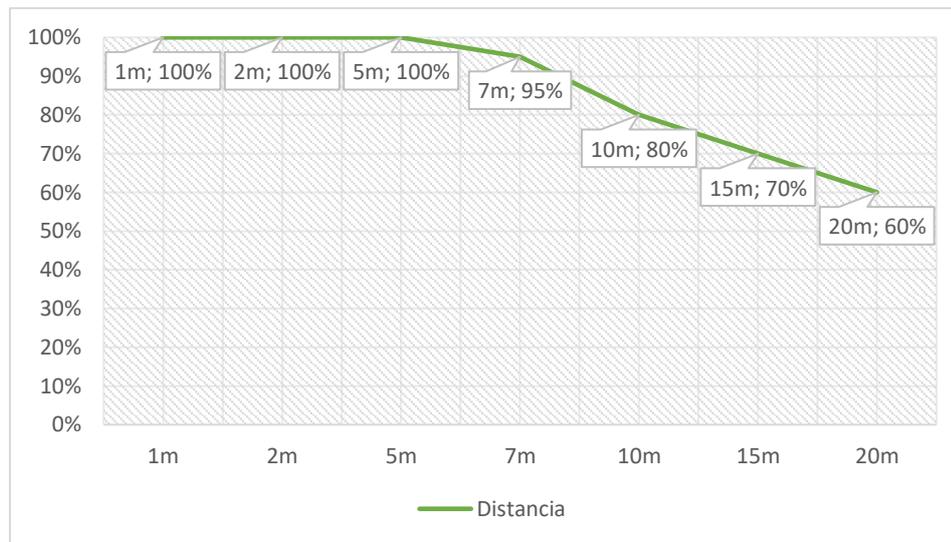


Figura 53. Prueba de distancia de bloqueo del generador externo
Elaborado por: Josué Plaza

La señal de interferencia se mantiene a una buena distancia, esto es debido a la fuente de alimentación del generador, siendo esta una batería de Li-Po.

5.6 TABLA COMPARATIVA

Gracias a las muestras tomadas con el equipo NARDA SRM-3006 se procede a realizar la tabla comparativa del generador de interferencias con el generador externo.

Tabla 13. Comparación entre generadores de interferencia

	Generador diseñado	Generador externo
Técnica de interferencia	Barrido	Pulsos
Distancia máxima (m)	5m con 85% de eficiencia	20m con 60% de eficiencia
Campo eléctrico (dBmV/m)	46.52	45.84
Campo magnético (dBA/m)	-67.97	-85.94
Densidad de potencia ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	134.70	107.4

Elaborado por: Josué Plaza

Datos extraídos en colaboración con el tesista Cristhian Muñoz, 2022

Se observa que los valores de campos no varían demasiado cumpliendo con las expectativas de uso solamente dependiendo de la distancia en la que se utiliza, nótese que el valor de la densidad de potencia es debido a la muestra tomada en el pico más alto de la señal al momento de la medición como se observa en la figura 46.

Con lo visto en la tabla 13 se concluye que la efectividad de un generador está en función de los elementos internos pues utiliza el ya mencionado SM2400 adaptado a los componentes SMD del equipo además depende también del tipo de técnica de interferencia que se utilice, aunque este último depende también de la construcción interna del equipo.

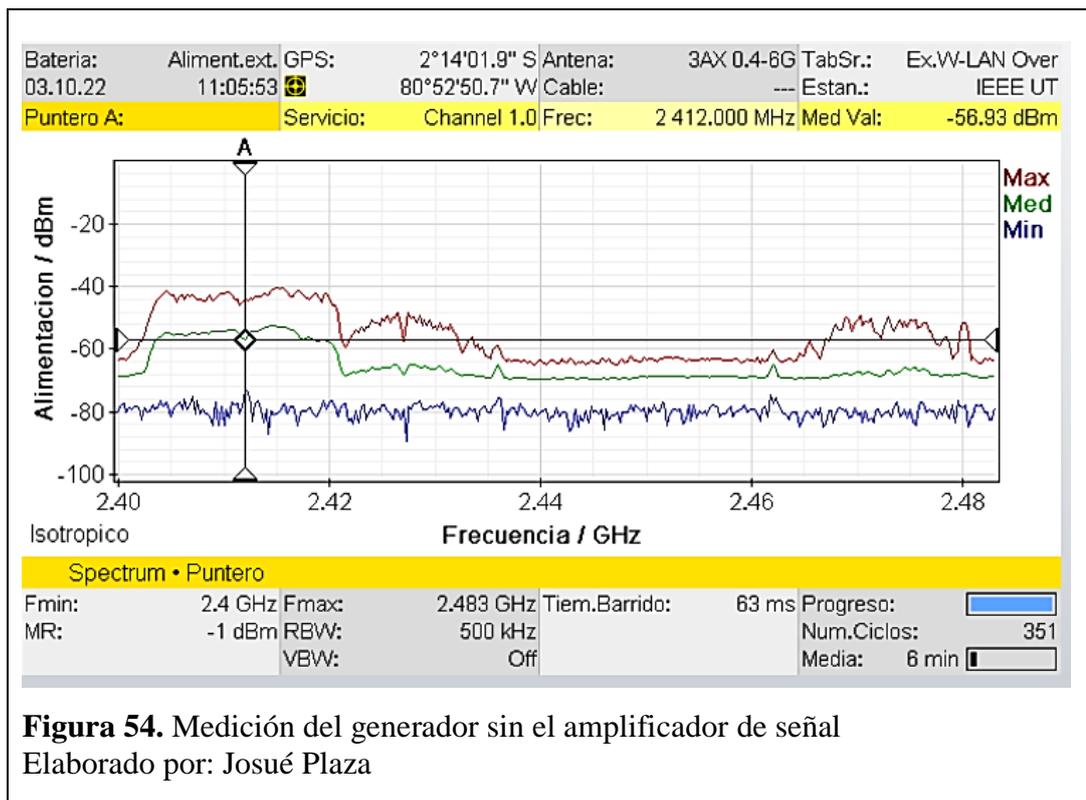
5.7 RESULTADOS DE PRÁCTICAS

El siguiente análisis de las prácticas es realizado en conjunto al tesista Cristhian Muñoz Pérez (2022), donde se relacionará con las materias descritas en el alcance del proyecto.

5.7.1 ELETRONICA DE ALTA FRECUENCIA

El desarrollo de esta práctica, véase Anexo 3, está basada en el uso de amplificadores de señal, donde busca relacionar la parte teórica con los resultados obtenidos por medio del analizador de campos NARDA SRM-3006.

Para este caso el análisis está en la medición y cálculos de la señal de salida del generador de interferencias con y sin el uso del amplificador. Los valores de salida del cristal VCO en un principio no puede dar una potencia adecuada para el bloqueo de la señal WIFI, cosa que se puede comprobar con las mediciones hechas con el equipo NARDA que, al momento de su primera prueba, no contaba con el amplificador de señal.



Hay que aclarar que al momento de realizar la toma de capturas el tráfico de red era bajo, pero existía; sin superar la media de -56 dBm.

Ahora, como se observa en la figura 54, no se medía ningún pico de potencia, como es común en la técnica de interferencia del generador (por barrido) por tanto se considera la potencia de salida del sistema demasiado baja para bloquear la red, tanto que fácilmente se puede confundir con la señal WIFI presente en el momento de la medición.

La siguiente imagen corresponde a la señal de salida del generador cuando se le acopla el amplificador de señal.

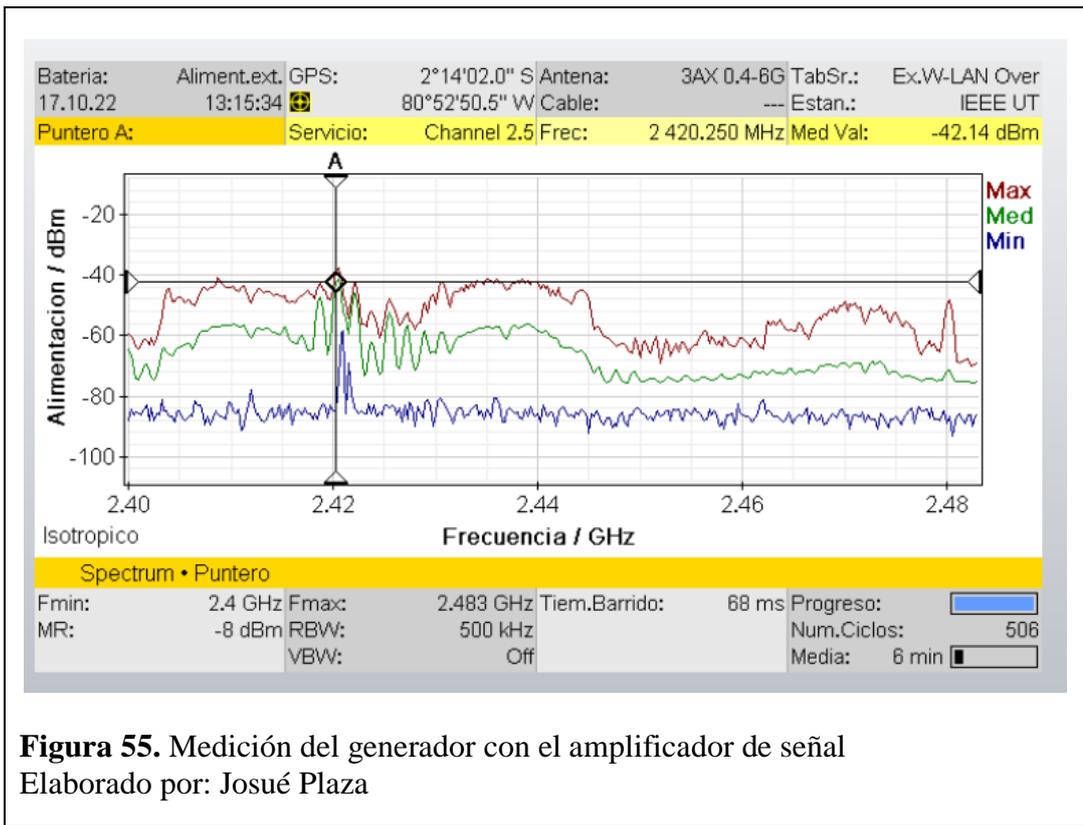


Figura 55. Medición del generador con el amplificador de señal
Elaborado por: Josué Plaza

Se observa la efectividad del generador gracias al amplificador de señal, llegando a una señal que puede llegar hasta los -42 dBm, que por medio de los cálculos respectivos se pudo concluir que la eficiencia de dicho amplificador llega hasta un 14% correspondiendo con las características de los amplificadores de clase C al ser utilizado como un multiplicador de frecuencia al momento de su acople (15 a 20% al usar un circuito resonante en sus picos más altos).

5.7.2 COMUNICACIONES ANALÓGICAS

En el desarrollo de esta práctica, véase Anexo 4, está basada en el cálculo de la potencia de salida del generador de interferencia, donde se usan los datos de las mediciones de la práctica anterior.

Donde, por medio de artificios matemáticos, utilizando los valores de las mediciones y datos estándar de la antena del amplificador se pueden obtener la potencia de la señal interferente, dicho valor 27.44 dBm quiere decir que existe un nivel óptimo para que la señal WIFI pueda ser bloqueada perfectamente puesto que los valores de

potencia de las redes presentes en los laboratorios están en un rango máximo de -60 a -50 dBm (siempre y cuando entren los canales de análisis 1 y 8).

Al revisar la teoría correspondiente la señal de salida del generador, esta señal entra en las interferencias perjudiciales afectando directamente a la conexión entre punto de acceso y usuario.

5.7.3 COMUNICACIONES DIGITALES

En el desarrollo de esta práctica, véase Anexo 5, corresponde a un caso de comunicación entre dos o más dispositivos, el punto de este es visualizar la cantidad de paquetes que se envía y recepta en la comunicación, por tanto, al igual que en los resultados generales, al encender el generador esta produce una señal perjudicial que afecta al usuario de forma que impide a la recepción de paquetes, poniendo en evidencia la desventaja de no manejarse en espacios seguros y controlados.

CONCLUSIONES

Gracias al desarrollo teórico referente a las señales electromagnéticas y a la configuración del generador de funciones para controlar el ciclo de trabajo (Oscilador Variable) se pudo crear un equipo generador de interferencias que funcione de manera óptima en la banda de 2.4GHz con el rango de canales 1 al 8 cumpliendo así con los requerimientos mínimos para mantenerse en un ambiente controlado.

El estudio de las técnicas de interferencias fue clave para la creación del generador y como la prioridad del proyecto era mantenerlo en un lugar estable y controlado, tanto la interferencia por barrido como la implementación de controles que manipulen la señal ayudaron para la realización de un diseño no tan complejo y de bajo costo.

Tal y como se revisó en las mediciones del equipo NARDA el equipo de montaje SMD en relación al bloqueo de la señal demostró tener una mejor eficiencia al momento de emitir una señal de interferencia, mostrando valores de 60% de eficiencia a una distancia de 20m en comparación del fabricado en montaje Through-Hole que presentaba un máximo de 5m de alcance antes de perder la conexión entre generador de interferencia hasta el dispositivo NARDA.

Los valores electromagnéticos mantienen una similitud entre los equipos SMD y Through-Hole con una media de 46,18 dBmV/m en el campo eléctrico y un 76,95 dBA/m en el campo magnético adecuándose con las características de la red presente en los laboratorios de telecomunicaciones logrando un óptimo bloqueo dentro de la banda de 2.4GHz.

La preparación de las prácticas proporcionó un gran sustento teórico para el generador de interferencias, primero para el entendimiento de las interferencias electromagnéticas como tal, visto específicamente en las prácticas de Electrónica de alta frecuencia y en Comunicaciones analógicas donde se observó el comportamiento de estas señales en relación a los componentes que utilizan y con respecto a las Comunicaciones digitales se pudo observar el comportamiento de dos equipos intercomunicados en presencia de una señal de interferencia.

RECOMENDACIONES

Si bien el desempeño del generador es el adecuado para el estudio de las interferencias, una forma para expandir más la información es la creación de varios generadores de interferencias donde se varíe la frecuencia de operación a fin de aumentar el rango de estudio hasta redes WIFI 5 o superior.

La técnica para la emisión de la señal de interferencia recae en la elección de los osciladores controlados por voltaje que, tal y como se vio en los dos generadores usados en este proyecto la elección de uno o de otro afecta enormemente en la salida de la señal, así como en la construcción de esta.

Pero si el requerimiento principal es la de mantenerse en un ambiente controlado es más recomendable realizar una amalgama de los dos generadores vistos anteriormente, siendo lo más conveniente realizar un generador en montaje SMD con su respectiva técnica de emisión por pulso, pero que también cuente con controles que puedan manipular la señal de salida.

Con las pruebas realizadas las posibles soluciones a estos equipos son el aumento de la potencia de salida del punto de acceso WIFI, otra es referente a la distancia de uso, en función al equipo generador que se utilice, pues la efectividad es inversamente proporcional a la distancia del generador con el punto de acceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Balanis, C. (1996). *Antenna Theory Analysis and Design*. Wiley.
- Calvo, P. C., Escobar, A., & Pinedo, C. (2008). Interferencia electromagnética en equipos médicos debida a equipos de comunicación inalámbrica. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 90-100.
- Ergen, M. (2009). *Mobile Broadband: Including Wimax and LTE*. Springer.
- Guevara, R., & Sena, E. (2013). SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE LA INTERFERENCIAS ENTRE REDES WIFI POR SOLAPAMIENTO. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, 23(2).
- IT Digital Media Group. (2019, Diciembre 30). *Actualidad | IT Trends*. Retrieved from Tendencias de tecnologías inalámbricas: <https://www.ittrends.es/actualidad/2019/08/tendencias-de-tecnologias-inalambricas>
- MINTEL. (2021, Febrero 5). *Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*. Retrieved from ECUADOR CONTINÚA CRECIENDO EN FIBRA ÓPTICA: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra-optica>
- Ordóñez, J. L. (2012). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. *Manual formativo de ACTA*, 17-31.
- Poisel, R. (2011). *Modern Communications Jamming: Principles and Techniques*. Artech House Publishers.
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Madrid: Pearson Educación.
- Tan, K. S., & Hinberg, I. (2004). Electromagnetic Interference with Medical Devices: In Vitro Laboratory Studies and Electromagnetic Compatibility Standards. *Clinical Engineering Handbook*, 254-262. doi:10.1016/B978-012226570-9/50068-5
- Torrieri, D. (2022). *Principles of Spread-Spectrum Communication Systems*. Springer.

ANEXOS

A1. INTEGRADO ICL8038



ICL8038

September 1998 File Number 2864.3

Precision Waveform Generator/Voltage Controlled Oscillator

The ICL8038 waveform generator is a monolithic integrated circuit capable of producing high accuracy sine, square, triangular, sawtooth and pulse waveforms with a minimum of external components. The frequency (or repetition rate) can be selected externally from 0.001Hz to more than 300kHz using either resistors or capacitors, and frequency modulation and sweeping can be accomplished with an external voltage. The ICL8038 is fabricated with advanced monolithic technology, using Schottky barrier diodes and thin film resistors, and the output is stable over a wide range of temperature and supply variations. These devices may be interfaced with phase locked loop circuitry to reduce temperature drift to less than 250ppm/°C.

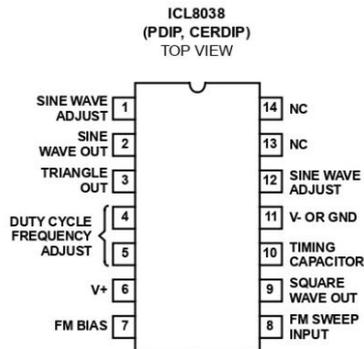
Features

- Low Frequency Drift with Temperature 250ppm/°C
- Low Distortion 1% (Sine Wave Output)
- High Linearity 0.1% (Triangle Wave Output)
- Wide Frequency Range 0.001Hz to 300kHz
- Variable Duty Cycle 2% to 98%
- High Level Outputs TTL to 28V
- Simultaneous Sine, Square, and Triangle Wave Outputs
- Easy to Use - Just a Handful of External Components Required

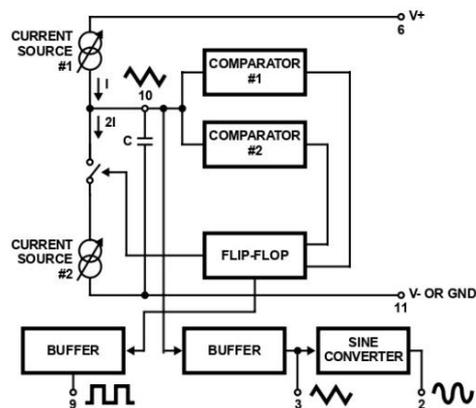
Ordering Information

PART NUMBER	STABILITY	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ICL8038CCPD	250ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld PDIP	E14.3
ICL8038CCJD	250ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld CERDIP	F14.3
ICL8038BCJD	180ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld CERDIP	F14.3
ICL8038ACJD	120ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld CERDIP	F14.3

Pinout



Functional Diagram



ICL8038

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V- to V+)	36V
Input Voltage (Any Pin)	V- to V+
Input Current (Pins 4 and 5)	25mA
Output Sink Current (Pins 3 and 9)	25mA

Operating Conditions

Temperature Range	0°C to 70°C
ICL8038AC, ICL8038BC, ICL8038CC	0°C to 70°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
CERDIP Package	75	20
PDIP Package	115	N/A
Maximum Junction Temperature (Ceramic Package)	175°C	
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150°C	
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C	
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300°C	

Die Characteristics

Back Side Potential	V-
---------------------	----

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

- θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications $V_{SUPPLY} = \pm 10V$ or $+20V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L = 10k\Omega$, Test Circuit Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	ICL8038CC			ICL8038BC			ICL8038AC			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage Operating Range	V_{SUPPLY} V+	Single Supply	+10	-	+30	+10	-	+30	+10	-	+30	V
	V+, V-	Dual Supplies	± 5	-	± 15	± 5	-	± 15	± 5	-	± 15	V
Supply Current	I_{SUPPLY}	$V_{SUPPLY} = \pm 10V$ (Note 2)		12	20	-	12	20	-	12	20	mA
FREQUENCY CHARACTERISTICS (All Waveforms)												
Max. Frequency of Oscillation	f_{MAX}		100	-	-	100	-	-	100	-	-	kHz
Sweep Frequency of FM Input	f_{SWEEP}		-	10	-	-	10	-	-	10	-	kHz
Sweep FM Range		(Note 3)	-	35:1	-	-	35:1	-	-	35:1	-	
FM Linearity		10:1 Ratio	-	0.5	-	-	0.2	-	-	0.2	-	%
Frequency Drift with Temperature (Note 5)	$\Delta f/\Delta T$	0°C to 70°C	-	250	-	-	180	-	-	120	-	ppm/°C
Frequency Drift with Supply Voltage	$\Delta f/\Delta V$	Over Supply Voltage Range	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-	%/V
OUTPUT CHARACTERISTICS												
Square Wave												
Leakage Current	I_{OLK}	$V_9 = 30V$	-	-	1	-	-	1	-	-	1	μA
Saturation Voltage	V_{SAT}	$I_{SINK} = 2mA$	-	0.2	0.5	-	0.2	0.4	-	0.2	0.4	V
Rise Time	t_R	$R_L = 4.7k\Omega$	-	180	-	-	180	-	-	180	-	ns
Fall Time	t_F	$R_L = 4.7k\Omega$	-	40	-	-	40	-	-	40	-	ns
Typical Duty Cycle Adjust (Note 6)	ΔD		2		98	2	-	98	2	-	98	%
Triangle/Sawtooth/Ramp												
Amplitude	$V_{TRIANGLE}$	$R_{TRI} = 100k\Omega$	0.30	0.33	-	0.30	0.33	-	0.30	0.33	-	$\times V_{SUPPLY}$
Linearity			-	0.1	-	-	0.05	-	-	0.05	-	%
Output Impedance	Z_{OUT}	$I_{OUT} = 5mA$	-	200	-	-	200	-	-	200	-	Ω

ICL8038

Electrical Specifications $V_{SUPPLY} = \pm 10V$ or $+20V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L = 10k\Omega$, Test Circuit Unless Otherwise Specified (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	ICL8038CC			ICL8038BC			ICL8038AC			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Sine Wave												
Amplitude	V_{SINE}	$R_{SINE} = 100k\Omega$	0.2	0.22	-	0.2	0.22	-	0.2	0.22	-	xV_{SUPPLY}
THD	THD	$R_S = 1M\Omega$ (Note 4)	-	2.0	5	-	1.5	3	-	1.0	1.5	%
THD Adjusted	THD	Use Figure 4	-	1.5	-	-	1.0	-	-	0.8	-	%

NOTES:

2. R_A and R_B currents not included.
3. $V_{SUPPLY} = 20V$; R_A and $R_B = 10k\Omega$, $f \parallel 10kHz$ nominal; can be extended 1000 to 1. See Figures 5A and 5B.
4. $82k\Omega$ connected between pins 11 and 12, Triangle Duty Cycle set at 50%. (Use R_A and R_B .)
5. Figure 1, pins 7 and 8 connected, $V_{SUPPLY} = \pm 10V$. See Typical Curves for T.C. vs V_{SUPPLY} .
6. Not tested, typical value for design purposes only.

Test Conditions

PARAMETER	R_A	R_B	R_L	C	SW_1	MEASURE
Supply Current	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Current Into Pin 6
Sweep FM Range (Note 7)	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Open	Frequency at Pin 9
Frequency Drift with Temperature	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Frequency at Pin 3
Frequency Drift with Supply Voltage (Note 8)	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Frequency at Pin 9
Output Amplitude (Note 10)						
Sine	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Pk-Pk Output at Pin 2
Triangle	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Pk-Pk Output at Pin 3
Leakage Current (Off) (Note 9)	10k Ω	10k Ω		3.3nF	Closed	Current into Pin 9
Saturation Voltage (On) (Note 9)	10k Ω	10k Ω		3.3nF	Closed	Output (Low) at Pin 9
Rise and Fall Times (Note 11)	10k Ω	10k Ω	4.7k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 9
Duty Cycle Adjust (Note 11)						
Max	50k Ω	~1.6k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 9
Min	~25k Ω	50k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 9
Triangle Waveform Linearity	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 3
Total Harmonic Distortion	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 2

NOTES:

7. The hi and lo frequencies can be obtained by connecting pin 8 to pin 7 (f_{HI}) and then connecting pin 8 to pin 6 (f_{LO}). Otherwise apply Sweep Voltage at pin 8 ($^{2/3} V_{SUPPLY} + 2V$) $\leq V_{SWEEP} \leq V_{SUPPLY}$ where V_{SUPPLY} is the total supply voltage. In Figure 5B, pin 8 should vary between 5.3V and 10V with respect to ground.
8. $10V \leq V+ \leq 30V$, or $\pm 5V \leq V_{SUPPLY} \leq \pm 15V$.
9. Oscillation can be halted by forcing pin 10 to +5V or -5V.
10. Output Amplitude is tested under static conditions by forcing pin 10 to 5V then to -5V.
11. Not tested; for design purposes only.

Test Circuit

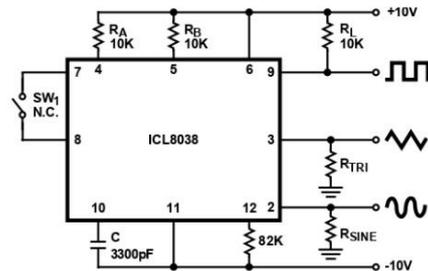
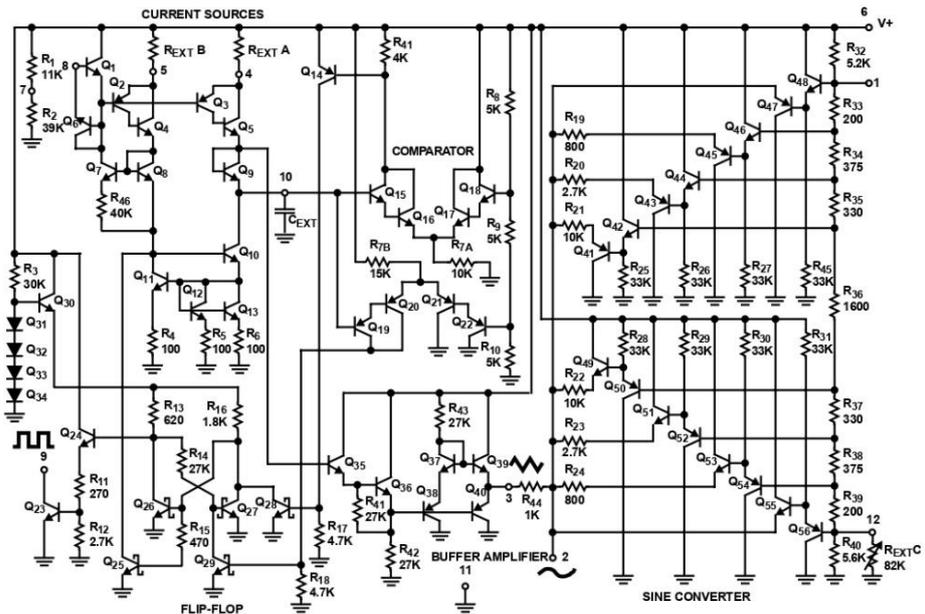


FIGURE 1. TEST CIRCUIT

Detailed Schematic



Application Information (See Functional Diagram)

An external capacitor C is charged and discharged by two current sources. Current source #2 is switched on and off by a flip-flop, while current source #1 is on continuously. Assuming that the flip-flop is in a state such that current source #2 is off, and the capacitor is charged with a current I, the voltage across the capacitor rises linearly with time. When this voltage reaches the level of comparator #1 (set at 2/3 of the supply voltage), the flip-flop is triggered, changes states, and releases current source #2. This current source normally carries a current 2I, thus the capacitor is discharged with a

net-current I and the voltage across it drops linearly with time. When it has reached the level of comparator #2 (set at 1/3 of the supply voltage), the flip-flop is triggered into its original state and the cycle starts again.

Four waveforms are readily obtainable from this basic generator circuit. With the current sources set at I and 2I respectively, the charge and discharge times are equal. Thus a triangle waveform is created across the capacitor and the flip-flop produces a square wave. Both waveforms are fed to buffer stages and are available at pins 3 and 9.

The levels of the current sources can, however, be selected over a wide range with two external resistors. Therefore, with the two currents set at values different from 1 and 21, an asymmetrical sawtooth appears at Terminal 3 and pulses with a duty cycle from less than 1% to greater than 99% are available at Terminal 9.

The sine wave is created by feeding the triangle wave into a nonlinear network (sine converter). This network provides a decreasing shunt impedance as the potential of the triangle moves toward the two extremes.

Waveform Timing

The *symmetry* of all waveforms can be adjusted with the external timing resistors. Two possible ways to accomplish this are shown in Figure 3. Best results are obtained by keeping the timing resistors R_A and R_B separate (A). R_A controls the rising portion of the triangle and sine wave and the 1 state of the square wave.

The magnitude of the triangle waveform is set at $1/3 V_{SUPPLY}$; therefore the rising portion of the triangle is,

$$t_1 = \frac{C \times V}{I} = \frac{C \times 1/3 \times V_{SUPPLY} \times R_A}{0.22 \times V_{SUPPLY}} = \frac{R_A \times C}{0.66}$$

The falling portion of the triangle and sine wave and the 0 state of the square wave is:

$$t_2 = \frac{C \times V}{1} = \frac{C \times 1/3 \times V_{SUPPLY}}{2[0.22] \frac{V_{SUPPLY}}{R_B} - 0.22 \frac{V_{SUPPLY}}{R_A}} = \frac{R_A R_B C}{0.66[2R_A - R_B]}$$

Thus a 50% duty cycle is achieved when $R_A = R_B$.

If the duty cycle is to be varied over a small range about 50% only, the connection shown in Figure 3B is slightly more convenient. A 1kΩ potentiometer may not allow the duty cycle to be adjusted through 50% on all devices. If a 50% duty cycle is required, a 2kΩ or 5kΩ potentiometer should be used.

With two separate timing resistors, the frequency is given by:

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{\frac{R_A C}{0.66} \left[1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B} \right]}$$

or, if $R_A = R_B = R$

$$f = \frac{0.33}{RC} \text{ (for Figure 3A)}$$

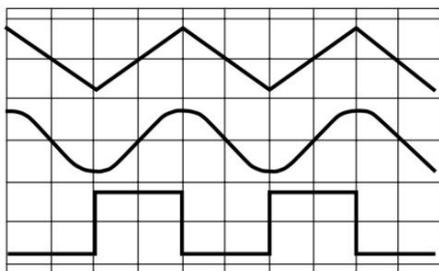


FIGURE 2A. SQUARE WAVE DUTY CYCLE - 50%

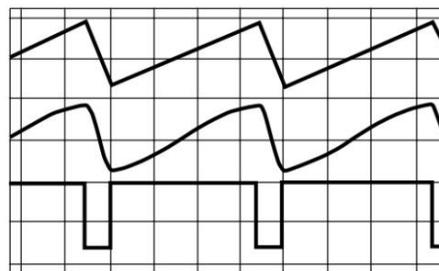


FIGURE 2B. SQUARE WAVE DUTY CYCLE - 80%

FIGURE 2. PHASE RELATIONSHIP OF WAVEFORMS

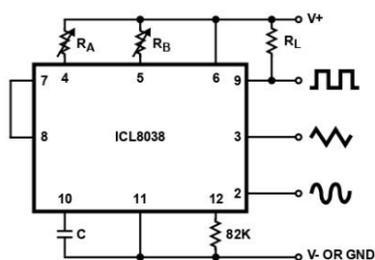


FIGURE 3A.

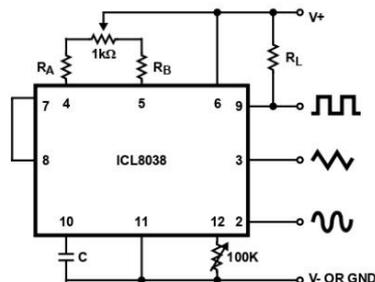


FIGURE 3B.

FIGURE 3. POSSIBLE CONNECTIONS FOR THE EXTERNAL TIMING RESISTORS

Neither time nor frequency are dependent on supply voltage, even though none of the voltages are regulated inside the integrated circuit. This is due to the fact that both currents and thresholds are direct, linear functions of the supply voltage and thus their effects cancel.

Reducing Distortion

To minimize sine wave distortion the 82kΩ resistor between pins 11 and 12 is best made variable. With this arrangement distortion of less than 1% is achievable. To reduce this even further, two potentiometers can be connected as shown in Figure 4; this configuration allows a typical reduction of sine wave distortion close to 0.5%.

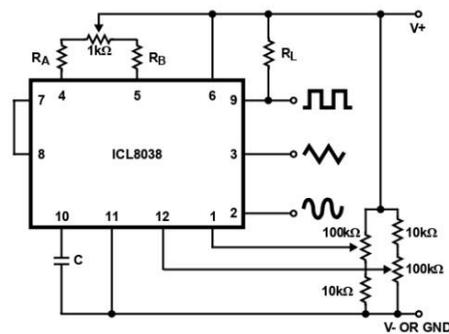


FIGURE 4. CONNECTION TO ACHIEVE MINIMUM SINE WAVE DISTORTION

Selecting RA, RB and C

For any given output frequency, there is a wide range of RC combinations that will work, however certain constraints are placed upon the magnitude of the charging current for optimum performance. At the low end, currents of less than 1μA are undesirable because circuit leakages will contribute significant errors at high temperatures. At higher currents (I > 5mA), transistor betas and saturation voltages will contribute increasingly larger errors. Optimum performance will, therefore, be obtained with charging currents of 10μA to 1mA. If pins 7 and 8 are shorted together, the magnitude of the charging current due to RA can be calculated from:

$$I = \frac{R_1 \times [V^+ - V^-]}{[R_1 + R_2]} \times \frac{1}{R_A} = \frac{0.22[V^+ - V^-]}{R_A}$$

RA and RB are shown in the Detailed Schematic.

A similar calculation holds for RB.

The capacitor value should be chosen at the upper end of its possible range.

Waveform Out Level Control and Power Supplies

The waveform generator can be operated either from a single power supply (10V to 30V) or a dual power supply (±5V to ±15V). With a single power supply the average levels of the triangle and sine wave are at exactly one-half of the supply voltage, while the square wave alternates between V+ and ground. A split power supply has the advantage that all waveforms move symmetrically about ground.

The square wave output is not committed. A load resistor can be connected to a different power supply, as long as the applied voltage remains within the breakdown capability of the waveform generator (30V). In this way, the square wave output can be made TTL compatible (load resistor connected to +5V) while the waveform generator itself is powered from a much higher voltage.

Frequency Modulation and Sweeping

The frequency of the waveform generator is a direct function of the DC voltage at Terminal 8 (measured from V+). By altering this voltage, frequency modulation is performed. For small deviations (e.g. ±10%) the modulating signal can be applied directly to pin 8, merely providing DC decoupling with a capacitor as shown in Figure 5A. An external resistor between pins 7 and 8 is not necessary, but it can be used to increase input impedance from about 8kΩ (pins 7 and 8 connected together), to about (R + 8kΩ).

For larger FM deviations or for frequency sweeping, the modulating signal is applied between the positive supply voltage and pin 8 (Figure 5B). In this way the entire bias for the current sources is created by the modulating signal, and a very large (e.g. 1000:1) sweep range is created (f = 0 at VSWEEP = 0). Care must be taken, however, to regulate the supply voltage; in this configuration the charge current is no longer a function of the supply voltage (yet the trigger thresholds still are) and thus the frequency becomes dependent on the supply voltage. The potential on Pin 8 may be swept down from V+ by (1/3 VSUPPLY - 2V).

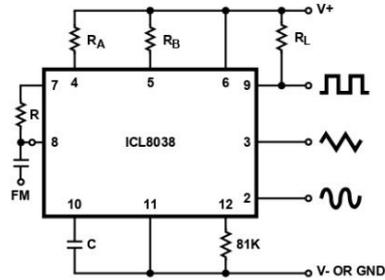


FIGURE 5A. CONNECTIONS FOR FREQUENCY MODULATION

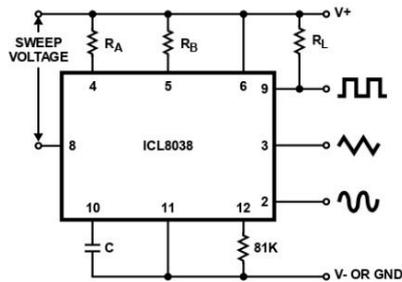


FIGURE 5B. CONNECTIONS FOR FREQUENCY SWEEP
FIGURE 5.

Typical Applications

The sine wave output has a relatively high output impedance (1kΩ Typ). The circuit of Figure 6 provides buffering, gain and amplitude adjustment. A simple op amp follower could also be used.

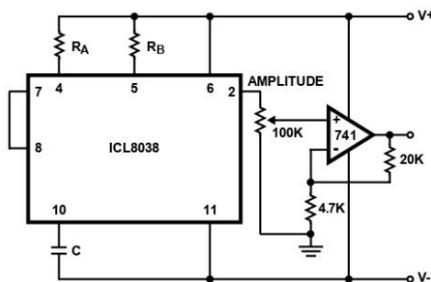


FIGURE 6. SINE WAVE OUTPUT BUFFER AMPLIFIERS

With a dual supply voltage the external capacitor on Pin 10 can be shorted to ground to halt the ICL8038 oscillation. Figure 7 shows a FET switch, diode ANDed with an input strobe signal to allow the output to always start on the same slope.

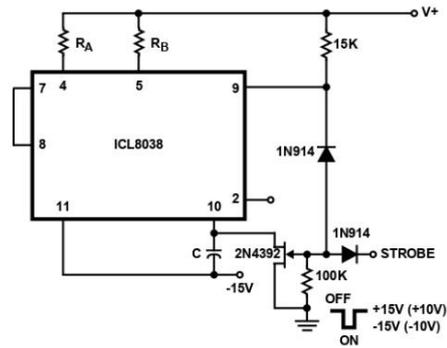


FIGURE 7. STROBE TONE BURST GENERATOR

To obtain a 1000:1 Sweep Range on the ICL8038 the voltage across external resistors R_A and R_B must decrease to nearly zero. This requires that the highest voltage on control Pin 8 exceed the voltage at the top of R_A and R_B by a few hundred mV. The Circuit of Figure 8 achieves this by using a diode to lower the effective supply voltage on the ICL8038. The large resistor on pin 5 helps reduce duty cycle variations with sweep.

The linearity of input sweep voltage versus output frequency can be significantly improved by using an op amp as shown in Figure 10.

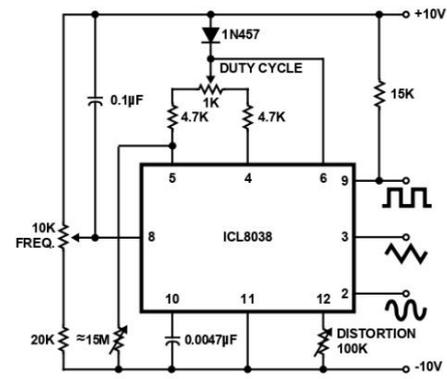


FIGURE 8. VARIABLE AUDIO OSCILLATOR, 20Hz TO 20kHz

A2. OSCILDADOR CVCO55CC-2400-2415



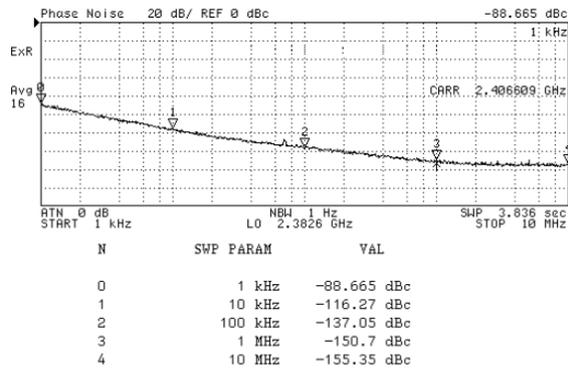
CRYSTEK
MICROWAVE
A DIVISION OF CRYSTEK CORPORATION

Coaxial Resonator Oscillator-CRO
CVCO55CC-2400-2415

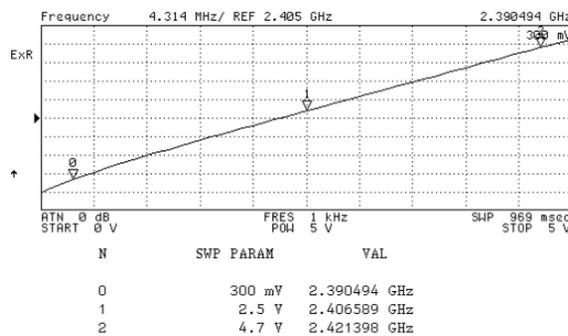
PERFORMANCE SPECIFICATION	MIN	TYP	MAX	UNITS
Lower Frequency:			2400	MHz
Upper Frequency:	2415			MHz
Tuning Voltage:	0.3		4.7	VDC
Supply Voltage:	4.75	5.0	5.25	VDC
Output Power:	+2.0	+4.5	+7.0	dBm
Supply Current:			40	mA
Harmonic Suppression (2 nd Harmonic):		-25		dBc
Pushing:		0.2	0.5	MHz/V
Pulling, all Phases:		0.2	0.5	MHz pk-pk
Tuning Sensitivity:		8		MHz/V
Phase Noise @ 10kHz offset:		-116	-114	dBc/Hz
Phase Noise @ 100kHz offset:		-135	-133	dBc/Hz
Load Impedance:		50		Ω
Input Capacitance:			15	pF
Operating Temperature Range:	-30		+70	$^{\circ}$ C
Storage Temperature Range:	-45		+90	$^{\circ}$ C



Phase Noise
(1 Hz BW, Typical)



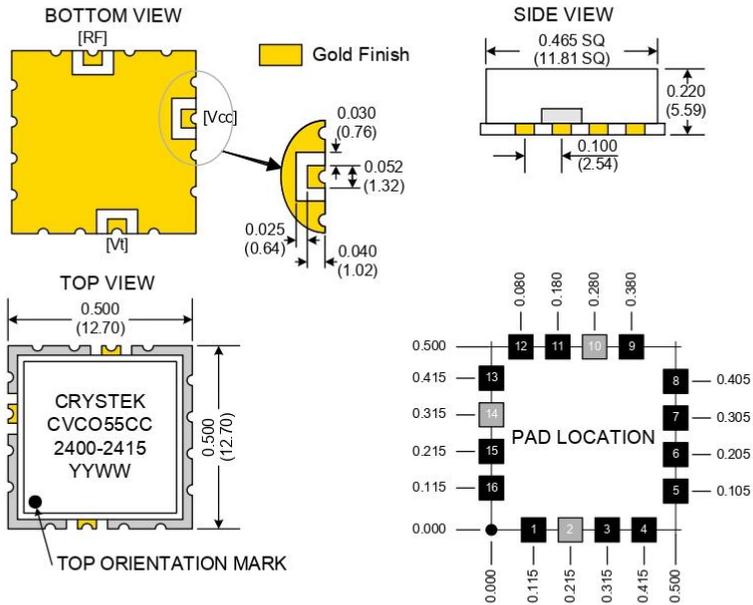
Tuning Curve
(Typical)



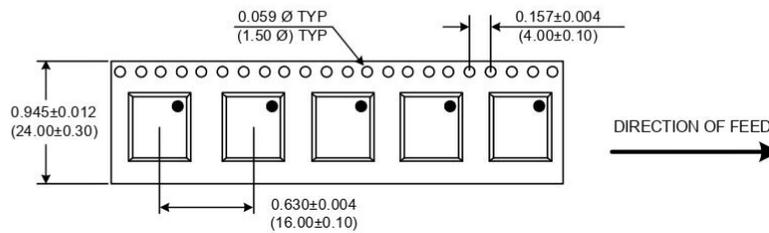


CRYSTEK
CORPORATION

12730 COMMONWEALTH DRIVE • FORT MYERS, FLORIDA 33913
PHONE: 239-561-3311 • 800-237-3061
FAX: 239-561-1025 • WWW.CRYSTEK.COM



TAPE AND REEL



Product Control:

Crystek Part Number:	CVCO55CC-2400-2415	Release Date:	18-Feb-08
Revision Level:	B	Responsible:	C. Vales

Specification is subject to change without notice

A3. PRÁCTICA DE ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA

CARRERA	CICLO	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	2023-1	EL075	ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	CIRCUITOS ACTIVOS MICROONDAS (AMPLIFICADORES)	2H
NOMBRE:		

PRÁCTICA 1

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> Analizar y comprender el funcionamiento de amplificadores de señal en telecomunicaciones Observar el comportamiento de la señal con el equipo NARDA SRM 3006 antes de colocar el amplificador de señal Observar que ocurre con la señal después de haber acoplado el amplificador de señal en el generador de interferencias por barrido.

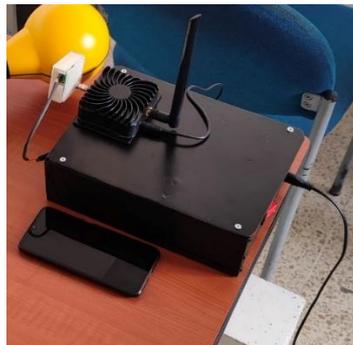
2	FUNDAMENTO TEÓRICO
	<p>NARDA SRM 3006</p> <p>Es un equipo que se utiliza para medir de manera casi precisa los campos electromagnéticos, y que opera en un rango de frecuencias de 9KHz a 6GHz, para realizar las mediciones usa una antena de tres ejes que le permite obtener diferentes valores, la intensidad de campo electromagnético, intensidad de campo magnético y densidad de potencia, y para muestrear usa una combinación de procesamiento de señal analógica y digital, lo que lo convierte en el indicado para medir valores absolutos y límites de campos electromagnéticos de alta frecuencia, como los de radiodifusión (AM y FM), TV</p>

(Analógica), Telecomunicaciones (GSM, UMTS), comunicaciones (WiMAX y WLAN) (COMMUNICATIONS COMPANY, 2021).



GENERADOR DE INTERFERENCIA POR BARRIDO

Este generador de interferencias es un sistema generador de ondas cuya forma se basa en el uso del oscilador de voltaje CVCO55CC-2400-2415 que nos permite realizar una señal de interferencia en barrido en el espectro dentro del rango de los 2.4 GHz, expandible gracias al amplificador de señal. En principio su funcionamiento es definido por la configuración de su sección de generador de onda ICL8038 que, al momento de la entrega, genera una onda cuadrada de amplitud variable por los trimmers OFFSET y GAIN además de su frecuencia por medio de su trimmer FEQ.



AMPLIFICADOR DE CLASE C

Un Amplificador es un dispositivo que posee la capacidad de elevar el nivel de potencia de una señal, existen varios tipos de amplificadores, en este caso de estudio hablaremos del amplificador tipo C, el cual será usado en el generador interferencias por barrido, diseñado por el compañero de Tesis Josué Plaza.

Un amplificador de clase C tiene la característica de suministrar una amplificación con una alta eficiencia, lo que lo convierte en el dispositivo perfecto para aplicaciones en RF,

donde generalmente siempre se necesita incrementar el nivel de potencia de la señal, y no se necesita que sea lineal entre la tensión de entrada y salida (UTN, 2016).

Estos amplificadores pueden ser modulados en amplitud manejando la tensión modulante que se le aplique a la placa electrónica, también son ideales para amplificar una señal portadora ya modulada, la eficiencia de estos equipos suele estar entre un 75% a un 85% (UTN, 2016). Otra característica importante de estos tipos de amplificadores es que también pueden ser utilizados, como multiplicadores de frecuencia, pero en estos casos, su eficiencia se reduce en un 15% a 20% (UTN, 2016).



3	PROCEDIMIENTO	
3.1 EQUIPO		
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizador de Espectro NARDA SRM 3006 ✓ Computadora ✓ Generador de Interferencia por barrido 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Celular con la aplicación WIFI ANALYZER ✓ Software Inssider en una PC ✓ Marcadores ✓ Proyector 	
3.2 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA		
ENCENDIDO DEL EQUIPO NARDA SRM3006		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Paso 1: Lo primero que vamos a realizar es conectar la antena, y su respectivo conector, en la parte superior del equipo. 2. Paso 2: Encendemos el equipo vamos a los ajustes, tabla de servicio, y buscamos el estándar de WIFI IEEE 802.11. 		

3. Paso 3: Después de haber realizado los pasos anteriores, volvemos al menú principal y vamos a la opción safety evalúe y veremos una tabla que muestra el rango de lectura mínimo y máximo en el que se encuentra el protocolo IEEE 802.11, para la frecuencia de 2.4GHz.
4. Paso 4: Luego seleccionamos el modo spectrum para ver el comportamiento de la señal a nivel electromagnético
5. Paso 5: Ya por último solo debemos escoger las unidades en las que vamos a hacer la lectura de los datos que van a ir en las tablas, para este caso, las unidades fueron las siguientes: Intensidad de Campo Eléctrico (mV/m), Intensidad de Campo Magnético (uA/m), Densidad de Potencia (uW/m²), Intensidad de Campo Eléctrico (dbmV/m), Intensidad de Campo Magnético (dBA/m), Potencia en dBm o RSSI.

ENCENDIDO DEL GENERADOR DE INTERFERENCIA POR BARRIDO

Este generador de interferencias es un sistema generador de ondas cuya forma se basa en el uso del oscilador de voltaje CVCO55CC-2400-2415 que nos permite realizar una señal de interferencia en barrido en el espectro dentro del rango de los 2.4 GHz, expandible gracias al amplificador de señal.

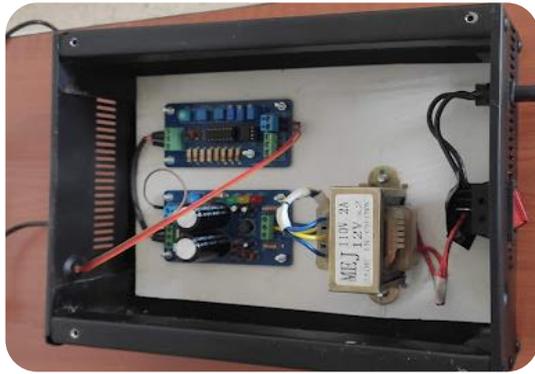
En principio su funcionamiento es definido por la configuración de su sección de generador de onda ICL8038 que, al momento de la entrega, genera una onda cuadrada de amplitud variable por los trimmers OFFSET y GAIN además de su frecuencia por medio de su trimmer FEQ.

Los parámetros que la señal debería tener para su funcionamiento son:

Frecuencia = 2.8 kHz

Voltaje de salida \approx 4.5 V

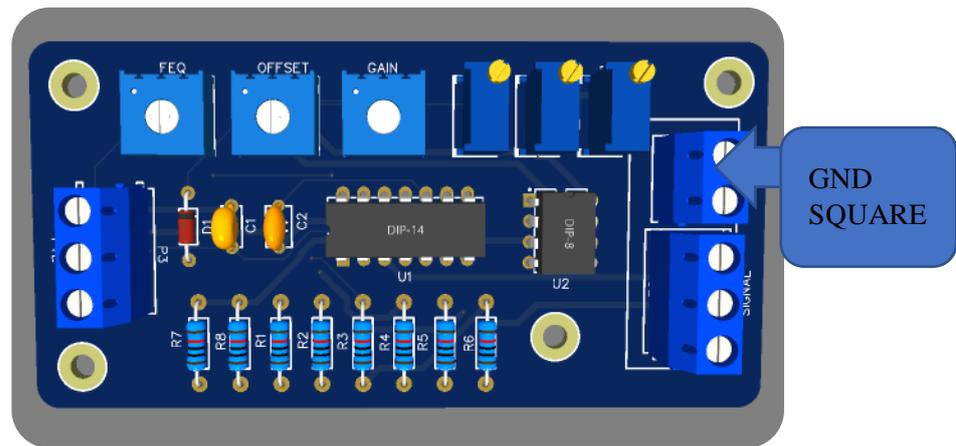
- En caso de falla en la entrega de señal se pueden ajustar los trimmers hasta llegar a los parámetros mencionados.



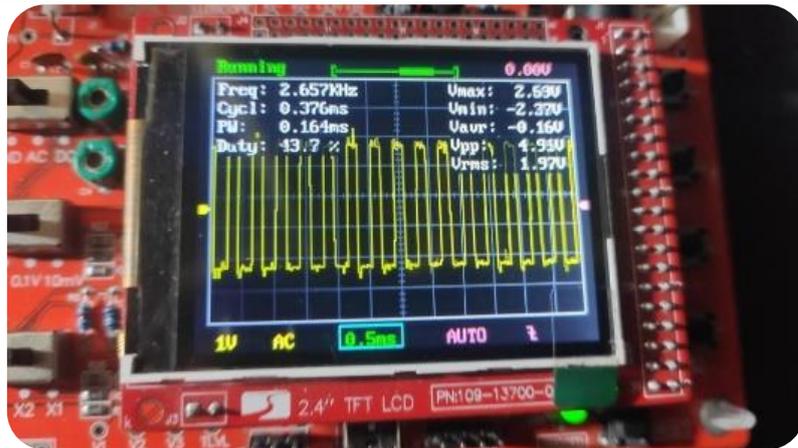
Parte Interna del Generador de Interferencias por Barrido

Fuente: (Plaza, 2022)

- Para el ajuste de los trimmers podemos apoyarnos de un osciloscopio para medir los valores hasta obtener los parámetros deseados ubicando las puntas de prueba en las borneras OUT siendo la primera salida tierra GND y la segunda la señal cuadrada SQUARE.



Esquema electrónico de los Trimmers Fuente: (Plaza, 2022)



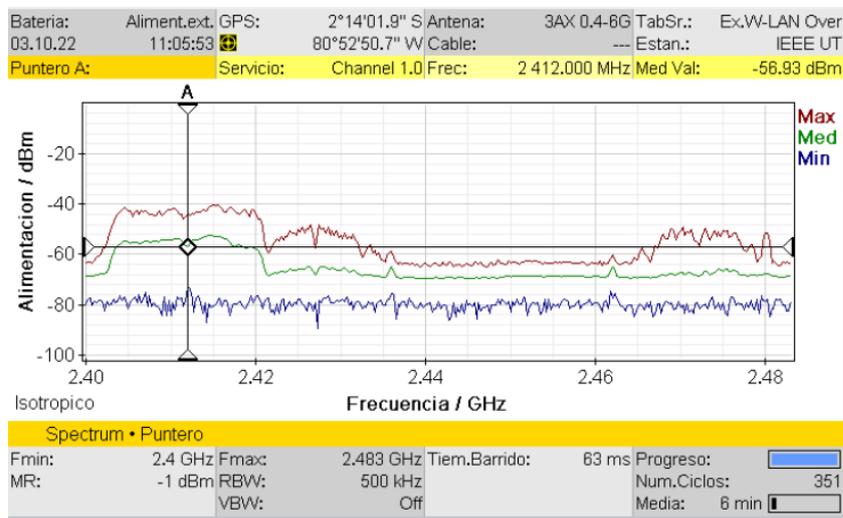
Osciloscopio Fuente: (Plaza, 2022)

Vemos en el osciloscopio en la esquina superior Freq: 2.657 kHz y Vpp: 4.91V, siendo valores aproximados para que el dispositivo pueda generar la señal de interferencia, aunque se recomienda mantenerlos al nivel justo de sus parámetros.

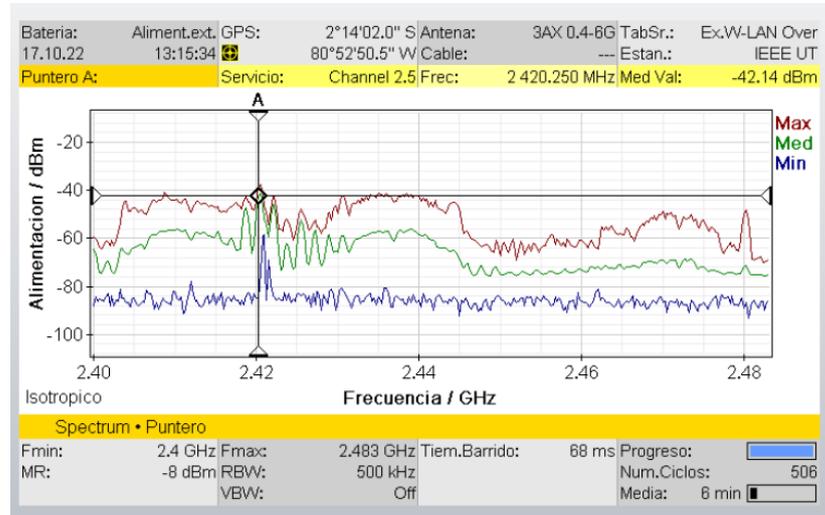
PASOS DE LA PRÁCTICA

NOTA: Para la práctica configuraremos el equipo NARDA SRM 3006 en la unidad de trabajo de potencia en dbm.

1. Paso1: Después de haber encendido y configurador Narda SRM 3006 y el Generador de Interferencia por barrido sin haber acoplado el amplificador, observaremos el comportamiento del espectro electromagnético de la frecuencia de 2.4GHz del WIFI de la red UPSE.



2. Paso 2: Acoplar el amplificador al Generador de Interferencias y observar el comportamiento de la señal en Analizador de Espectro



CÁLCULOS

GANANCIA DEL AMPLIFICADOR

$$G = \frac{P_o}{P_I} = \frac{-42 \text{ dbm}}{-3 \text{ dbm}} = 16.8$$

EFICIENCIA DEL AMPLIFICADOR

$$\%n = \frac{P_o}{P_I} \times 100\% = \frac{-42 \text{ dbm}}{-3 \text{ dbm}} = 16.8\%$$

5 Conclusiones y Bibliografía

6.1 Conclusiones

- ¿Qué ocurrió con la señal después de haber acoplado el Amplificador al Generador de Interferencia?
 Hay que tener en cuenta que el analizador de espectro Narda SRM 3006 antes de acoplar el amplificador de señal, leía los valores del espectro de forma normal, lo que quiere decir que el generador de Interferencia no alcanzaba a transmitir a la potencia suficiente para interferir a la señal que se transmitía a unos -56.93 dbm, por lo que

después de que se acopló el amplificador vimos que el pico de la señal se elevó y vemos que estamos interfiriendo, ya que tenemos una potencia de -42 dbm, y para WIFI, mientras el valor de potencia este más cerca al 0 mejor será la calidad de la señal.

- ¿Cómo se ve afectada una señal cuando esta tiene presente una señal interferente con mayor potencia?

Lo que sucede al momento de que la señal WIFI tiene una interferencia debida a otra señal que se transmite en la misma frecuencia, y en la misma potencia, todos los dispositivos que estén conectados a esa frecuencia, perderán conexión, y vemos en el Narda SRM 3006, como se ve perturbada la señal.

- ¿Qué tan importante son los amplificadores de señal dentro del diseño de circuitos transmisores?

Para toda señal que deseamos transmitir es necesario amplificarla, más aún si deseamos afectar a otra señal, o si se requiere que la señal abarque una distancia más amplia, como vimos antes de acoplar el amplificador, el generador de Interferencia no lograba afectar a la señal, y podemos suponer también que no abarcaba una gran área.

6.2 Bibliografía

- COMMUNICATIONS COMPANY. (2021). *MANUALSLIB*. Obtenido de <https://www.manualslib.com/manual/1674471/Narda-Srm-3006.html#manual>
- UTN. (2016). *Amplificadores de Potencia RF*. Imbabura.
- Muñoz, C. (2022). *ESTUDIO DE LAS INTERFERENCIAS EN EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO QUE SE PRODUCEN EN LAS DIFERENTES BANDAS DE FRECUENCIA NO LICENCIADAS, PARA DETERMINAR CÓMO SE VEN AFECTADOS LAS SEÑALES SI SE TRANSMITEN EN UNA MISMA FRECUENCIA O EN UN MISMO CANAL*. SANTA ELENA: UPSE.

A4. PRÁCTICA DE COMUNICACIONES ANALÓGICAS

CARRERA	CICLO	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	2023-1	EL075	COMUNICACIONES ANALÓGICAS

ASIGNATURA	COMUNICACIONES ANALÓGICAS	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	OSCILADORES, TIPOS DE INTERFERENCIAS	2H
NOMBRE:		

PRÁCTICA 2

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar el comportamiento de los VCO, y como ayudan en las comunicaciones. • Generar Interferencias en WIFI, por medio del generador de interferencias por Barrido. • Analizar mediante el equipo NARDA SRM 3006 el tipo de interferencia que se presenta después de haber encendido el generador de Interferencia

2	FUNDAMENTO TEÓRICO
	<p>ANALIZADOR DE ESPECTROS</p> <p>Es un equipo que se utiliza para medir de manera casi precisa los campos electromagnéticos, y que opera en un rango de frecuencias de 9KHz a 6GHz, para realizar las mediciones usa una antena de tres ejes que le permite obtener diferentes valores, la intensidad de campo electromagnético, intensidad de campo magnético y densidad de potencia, y para muestrear usa una combinación de procesamiento de señal analógica y digital, lo que lo convierte en el indicado para medir valores absolutos y límites de campos electromagnéticos de alta frecuencia, como los de radiodifusión (AM y FM), TV (Analógica), Telecomunicaciones (GSM, UMTS), comunicaciones (WiMAX y WLAN) (COMMUNICATIONS COMPANY, 2021).</p>



EQUIPO NARDA SRM-3006

FUENTE: (NARDA SAFETY TEST SOLUTIONS GMBH, 2022)

INTERFERENCIAS Y TIPOS DE INTERFERENCIAS

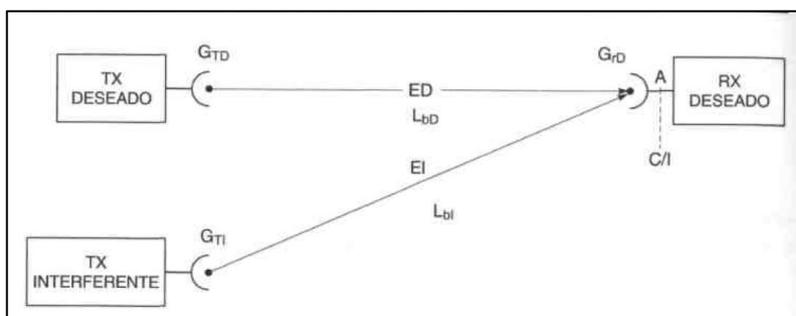
Una interferencia es la perturbación que sufre una señal deseada por otra señal interferente, ruidos o perturbaciones electromagnéticas. También es una degradación que se produce en la recepción de una señal útil, producida por una perturbación radioeléctrica (UIT-R, 2007).

Dentro de los reglamentos de radiotelecomunicaciones de la UIT, se clasifican las interferencias de la siguiente manera:

- **Interferencia Admisible:** Es aquella que está dentro de los criterios admisibles de las interferencias, para no causar problemas.
- **Interferencia Aceptada:** Es el tipo de interferencia en la que dos o más proveedores llegan a un acuerdo donde se permite que una señal perturbe a la otra hasta cierto nivel, donde ambos puedan transmitir y recibir sin ningún problema.
- **Interferencia Perjudicial:** Es el tipo de interferencia que perjudica en la transmisión y recepción de las otras señales, a un nivel donde degrada gravemente la señal con el mensaje a recibir o enviar.

Modelo de Estudio Para Interferencias.

Para hacer el estudio y análisis de estas señales interferentes que afectan a la señal deseada, hacemos uso del modelo que vemos en la siguiente imagen, obtenida del libro de Transmisión por Radio, en la que observamos dos enlaces, un enlace deseado (ED) y un enlace interferente (EI), en la cual se nos facilita representar los parámetros radioeléctricos de cada enlace con "D" e "I".



Modelo de Estudio para señales interferentes

FUENTE: (Rábanos, 2008)

Con este modelado también resulta más sencillo determinar el número de fuentes interferentes, los cuales son dos, simples para cuando hay una sola, y múltiples, para cuando son varias. Aquí también podremos estudiar cuando hay interferencia entre canales o canales adyacentes.

Para determinar las potencias tenemos las siguientes fórmulas:

- a) Potencia recibida de la señal deseada:

$$P_{rD}(dBm) = P_{tD}(dBm) + G_{tD} - L_{bD} + G_{rD}$$

P_{tD} = Potencia de transmisión deseada (router)

G_{tD} = Ganancia de la transmisión deseada (antenas del router)

L_{bD} = Perdidas por trayecto del enlace deseado

G_{rD} = Ganancia de la recepción deseada (antena de la PC o celular)

- b) Potencia recibida de la señal interferente:

$$P_{rI}(dBm) = P_{tI}(dBm) + G_{tI} - L_{bI} + G_{rI}$$

P_{tI} = Potencia de transmisión interferente (generadores de interferencia)

G_{tI} = Ganancia de la transmisión interferente (antena del generador)

L_{bI} = Perdidas por trayecto del enlace interferente

G_{rI} = Ganancia de la recepción interferente (antena de la PC o celular)

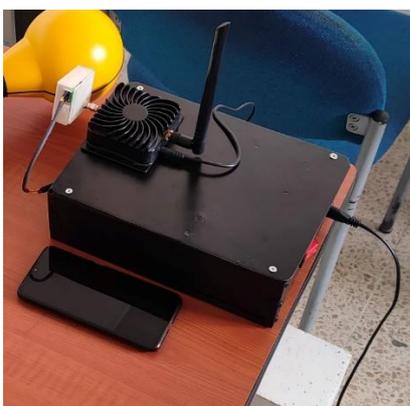
Para obtener la relación Portadora/Interferencia tenemos la siguiente fórmula:

$$\frac{C}{I} (dB) = P_{rD} - P_{rI} = P_{tD} - P_{tI} + (G_{tD} + G_{rD}) - (G_{tI} + G_{rI}) + L_{bI} - L_{bD}$$

GENERADOR DE INTERFERENCIAS POR BARRIDO

Este generador de interferencias es un sistema generador de ondas cuya forma se basa en el uso del oscilador de voltaje CVCO55CC-2400-2415 que nos permite realizar una señal de interferencia en barrido en el espectro dentro del rango de los 2.4 GHz, expandible gracias al amplificador de señal.

En principio su funcionamiento es definido por la configuración de su sección de generador de onda ICL8038 que, al momento de la entrega, genera una onda cuadrada de amplitud variable por los trimmers OFFSET y GAIN además de su frecuencia por medio de su trimmer FEQ.



3	PROCEDIMIENTO	
3.1 EQUIPO		
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ NARDA SRM 3006 ✓ GENERADOR DE INTERFERENCIAS POR BARRIDO. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Práctica digital ✓ Pizarrón ✓ Marcadores ✓ Proyector 	
3.2 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA		
PASOS PARA CONFIGURAR EL EQUIPO NARDA SRM 3006		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Paso 1: Lo primero que vamos a realizar es conectar la antena, y su respectivo conector, en la parte superior del equipo. 		

2. Paso 2: Encendemos el equipo vamos a los ajustes, tabla de servicio, y buscamos el estándar de WIFI IEEE 802.11.
3. Paso 3: Después de haber realizado los pasos anteriores, volvemos al menú principal y vamos a la opción safety evalúe y veremos una tabla que muestra el rango de lectura mínimo y máximo en el que se encuentra el protocolo IEEE 802.11, para la frecuencia de 2.4GHz.
4. Paso 4: Luego seleccionamos el modo spectrum para ver el comportamiento de la señal a nivel electromagnético
5. Paso 5: Ya por último solo debemos escoger las unidades en las que vamos a hacer la lectura de los datos que van a ir en las tablas, para este caso, las unidades fueron las siguientes: Intensidad de Campo Eléctrico (mV/m), Intensidad de Campo Magnético (uA/m), Densidad de Potencia (uW/m2), Intensidad de Campo Eléctrico (dbmV/m), Intensidad de Campo Magnético (dBA/m), Potencia en dBm o RSSI.

PASOS PARA CONFIGURAR EL GENERADOR DE INTERFERENCIAS POR BARRIDO

Este generador de interferencias es un sistema generador de ondas cuya forma se basa en el uso del oscilador de voltaje CVCO55CC-2400-2415 que nos permite realizar una señal de interferencia en barrido en el espectro dentro del rango de los 2.4 GHz, expandible gracias al amplificador de señal.

En principio su funcionamiento es definido por la configuración de su sección de generador de onda ICL8038 que, al momento de la entrega, genera una onda cuadrada de amplitud variable por los trimmers OFFSET y GAIN además de su frecuencia por medio de su trimmer FEQ.

Los parámetros que la señal debería tener para su funcionamiento son:

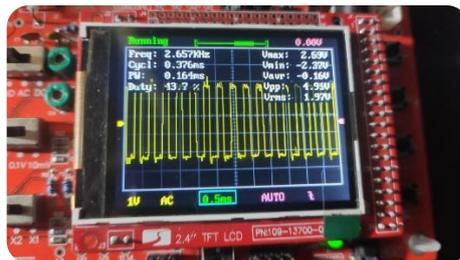
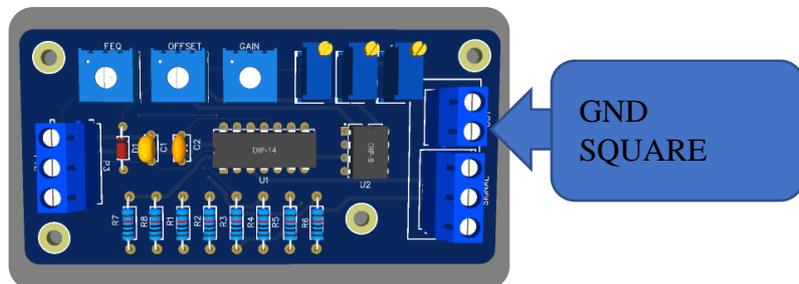
Frecuencia = 2.8 kHz

Voltaje de salida \approx 4.5 V

- En caso de falla en la entrega de señal se pueden ajustar los trimmers hasta llegar a los parámetros mencionados.



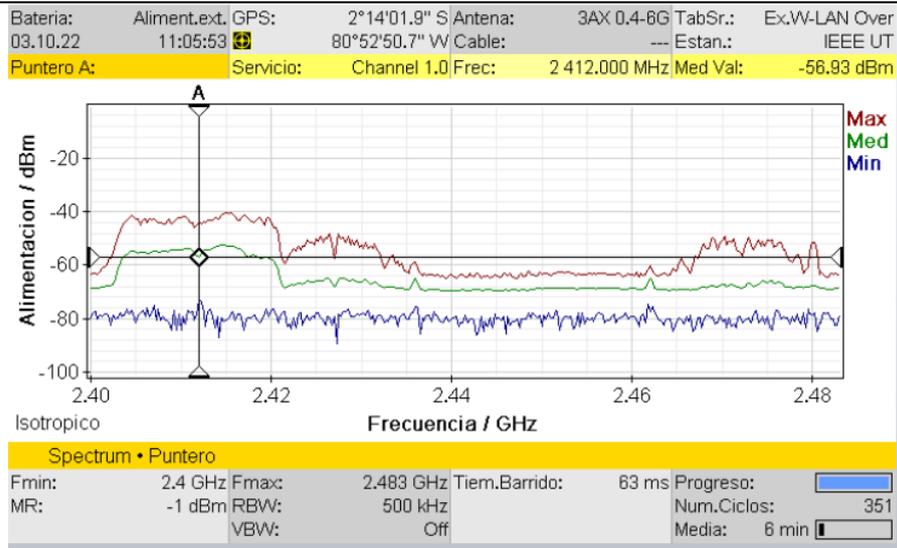
- Para el ajuste de los trimmers podemos apoyarnos de un osciloscopio para medir los valores hasta obtener los parámetros deseados ubicando las puntas de prueba en las borneras OUT siendo la primera salida tierra GND y la segunda la señal cuadrada SQUARE.



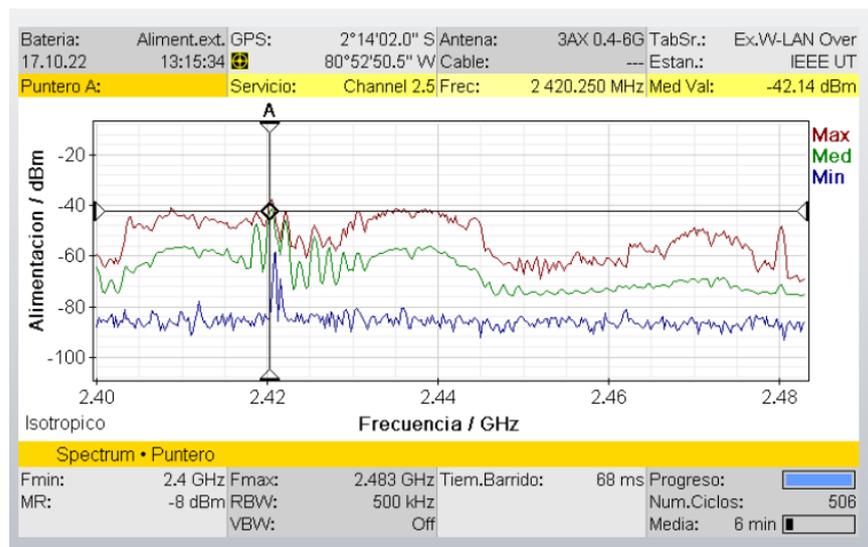
- Vemos en el osciloscopio en la esquina superior Freq: 2.657 kHz y Vpp: 4.91V, siendo valores aproximados para que el dispositivo pueda generar la señal de interferencia, aunque se recomienda mantenerlos al nivel justo de sus parámetros.

PASOS PARA LA PRÁCTICA

1. Antes de configurar el Generador de Interferencia, primero debemos configurar el analizador de espectros NARDA SRM, como se indican en los pasos anteriores, analizaremos el espectro de WIFI en 2.4GHz, específicamente en el canal 1, en la frecuencia de 2.412GHz.



- Después de haber encendido y visualizado en como se encuentra el espectro electromagnético de la señal WIFI de la red UPSE en el canal 1, procedemos a encender y configurar el generador de Interferencia por barrido, y veremos como se ve perturbada la señal original, por la señal del interferente.



CÁLCULOS PARA OBTENER LA POTENCIA RECIBIDA DE LA SEÑAL DESEADA

- Antes de encender el generador de interferencias

Aplicación de la fórmula para determinar la potencia recibida de la señal deseada:

$$P_{rD}(dBm) = P_{tD}(dBm) + G_{tD} - L_{bD} + G_{rD}$$

$$P_{tD} = -56 \text{ dBm}$$

$$G_{tD} = 3 \text{ dBi (transformar a dB)}$$

L_{bD} = Para determinar este valor aplicaremos la fórmula de las pérdidas en distancias cortas.

$$G_{rD} = 5 \text{ dBi (transformar a dB)}$$

Fórmula para transformar las ganancias de dBi a dB

$$G = 10^{\frac{G_{dBi}}{10}}$$

$$G_{tD} = 10^{\frac{3 \text{ dBi}}{10}} = 1.99 \text{ dB}$$

$$G_{rD} = 10^{\frac{5 \text{ dBi}}{10}} = 3.16 \text{ dB}$$

Aplicación de la fórmula para determinar las pérdidas por trayecto en un radioenlace interior de corta distancia.

$$P_{LbD} = 10 * n1 * \text{Log}\left(\frac{4 * \pi * d}{\lambda}\right)$$

$$N1 = 2$$

$$D = 10 \text{ m}$$

λ = Landa o longitud de onda.

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.412 \text{ MHz}} = 0.124 \text{ m}$$

$$P_{LbD} = 10 * 2 * \text{Log}\left(\frac{4 * \pi * 10}{0.124}\right)$$

$$P_{LbD} = -60.11 \text{ dB}$$

Ahora procederemos a calcular la potencia recibida de la señal deseada.

$$P_{rD}(\text{dBm}) = -56 \text{ dBm} + 1.99 \text{ dB} - (-60.11 \text{ dB}) + 3.16 \text{ dB}$$

$$P_{rD}(\text{dBm}) = 9.26 \text{ dBm}$$

CÁLCULOS PARA OBTENER LA POTENCIA RECIBIDA DE LA SEÑAL INTERFERENTE

Aplicación de la fórmula para determinar la potencia recibida de la señal interferente:

$$P_{rI}(dBm) = P_{tI}(dBm) + G_{tI} - L_{bI} + G_{rI}$$

$$P_{tI} = -42.14 \text{ dBm}$$

$$G_{tI} = 8 \text{ dBi (transformar a dB)}$$

$L_{bI} = -60.11 \text{ dB}$ (Aunque vemos en las imágenes del generador de interferencia por barrido que la frecuencia es diferente, el cambio no es tan significativo como para alterar banda, por lo tanto, las pérdidas siguen teniendo el mismo resultado).

$$G_{rI} = 3.16$$

Fórmula para transformar las ganancias de dBi a dB

$$G = 10^{\frac{G_{dBi}}{10}}$$

$$G_{tI} = 10^{\frac{8dBi}{10}} = 6.31 \text{ dB}$$

Ahora procederemos a calcular la potencia recibida de la señal Interferente.

$$P_{rI}(dBm) = -42.14 \text{ dBm} + 6.31 \text{ dB} - (-60.11 \text{ dB}) + 3.16 \text{ dB}$$

$$P_{rI}(dBm) = 27.44 \text{ dBm}$$

5	Conclusiones y Bibliografía
	6.1 Conclusiones
	<ul style="list-style-type: none">• ¿Para qué sirve el VCO dentro del circuito del generador de Interferencia? Los osciladores controlados por voltaje en dispositivos generadores de interferencias funcionan como un modificador manual de frecuencias pues en la salida de la señal depende netamente de la amplitud de la señal de entrada, misma que en el generador diseñado es controlado por el potenciómetro GAIN.• ¿Qué tipo de Interferencia estamos teniendo en el espectro? El tipo de interferencia que estamos viendo en el espectro, es una interferencia perjudicial, ya que está afectando directamente la conexión y por ende también la transmisión de datos entre los dispositivos y el router.

- ¿Qué ocurre con la señal cuando se ve perturbada por una Interferencia?

Debemos tener en cuenta que existen 3 tipos de interferencia principalmente, en este caso vimos una interferencia perjudicial, por lo que podemos concluir que cuando una señal sufre directamente este tipo de interferencias, se corta totalmente la conexión, y vemos que una señal suplanta a la otra, por lo que los dispositivos no logran conectarse con el router.

6.3 Bibliografía

- COMMUNICATIONS COMPANY. (2021). *MANUALSLIB*. Obtenido de <https://www.manualslib.com/manual/1674471/Narda-Srm-3006.html#manual>
- NARDA SAFETY TEST SOLUTIONS GMBH. (2022). *DIRECT INDUSTRY*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/narda-safety-test-solutions-gmbh/product-7092-55350.html>
- UIT-R. (2007). *RECOMENDACIÓN UIT-R V.573-5*. UIT. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiV7ZXd0uT4AhXZSTABHQzvCpYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Fdms_pubrec%2Fitu-r%2Frec%2Fv%2FR-REC-V.573-5-200709-S!!PDF-S.pdf&usg=AOvVaw0AHQRZr8kE2i3NV4461Epn
- Muñoz, C. (2022). *ESTUDIO DE LAS INTERFERENCIAS EN EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO QUE SE PRODUCEN EN LAS DIFERENTES BANDAS DE FRECUENCIA NO LICENCIADAS, PARA DETERMINAR CÓMO SE VEN AFECTADOS LAS SEÑALES SI SE TRANSMITEN EN UNA MISMA FRECUENCIA O EN UN MISMO CANAL*. SANTA ELENA: UPSE.

A5. PRÁCTICA DE COMUNICACIONES DIGITALES

CARRERA	CICLO	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	2023-1	EL075	COMUNICACIONES DIGITALES

ASIGNATURA	COMUNICACIONES DIGITALES	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	THROUGHPUT, PÉRDIDA DE PAQUETES	2H
NOMBRE:		

PRÁCTICA 3

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer una comunicación, cliente-servidor entre 2 computadoras por medio del WIFI, con los programas IPERF y Speed test. • Generar Interferencias en WIFI, por medio del generador de interferencias por barrido, para interrumpir la comunicación cliente servidor. • Analizar por medio del software WIRESHARK los paquetes enviados, recibidos, y aquellos que se pierdan al momento de interrumpir las comunicaciones

2	FUNDAMENTO TEÓRICO
	<p>ANALIZADOR DE ESPECTROS</p> <p>NARDA SRM-3006: Es un equipo que se utiliza para medir de manera casi precisa los campos electromagnéticos, y que opera en un rango de frecuencias de 9KHz a 6GHz, para realizar las mediciones usa una antena de tres ejes que le permite obtener diferentes valores, la intensidad de campo electromagnético, intensidad de campo magnético y densidad de potencia, y para muestrear usa una combinación de procesamiento de señal analógica y digital, lo que lo convierte en el indicado para medir valores absolutos y límites de campos electromagnéticos de alta frecuencia, como los de radiodifusión (AM y FM), TV (Analógica), Telecomunicaciones (GSM, UMTS), comunicaciones (WiMAX y WLAN) (COMMUNICATIONS COMPANY, 2021).</p>



EQUIPO NARDA SRM-3006

FUENTE: (NARDA SAFETY TEST SOLUTIONS GMBH, 2022)

INTERFERENCIAS Y TIPOS DE INTERFERENCIAS

Una interferencia es la perturbación que sufre una señal deseada por otra señal interferente, ruidos o perturbaciones electromagnéticas. También es una degradación que se produce en la recepción de una señal útil, producida por una perturbación radioeléctrica (UIT-R, 2007).

Dentro de los reglamentos de radiotelecomunicaciones de la UIT, se clasifican las interferencias de la siguiente manera:

- **Interferencia Admisible:** Es aquella que está dentro de los criterios admisibles de las interferencias, para no causar problemas.
- **Interferencia Aceptada:** Es el tipo de interferencia en la que dos o más proveedores llegan a un acuerdo donde se permite que una señal perturbe a la otra hasta cierto nivel, donde ambos puedan transmitir y recibir sin ningún problema.
- **Interferencia Perjudicial:** Es el tipo de interferencia que perjudica en la transmisión y recepción de las otras señales, a un nivel donde degrada gravemente la señal con el mensaje a recibir o enviar.

THROUGHPUT

Es la velocidad a la que la información se transfiere de un punto a otro, se le conoce también como rendimiento del tamaño de datos que son enviados de manera satisfactoria, de un dispositivo a otro, durante un periodo determinado, este se mide en bits por segundo (BPS),

(Mbps), y (Gbps). Se puede determinar su máximo valor a partir del ancho de banda que se encuentra disponible, y el valor de interferencia con relación al ruido (SINR) (Inostroza, 2021).

Throughput Bruto y Throughput Neto

Para las prácticas de este proyecto nos enfocaremos en realizar las pruebas bajo las especificaciones de trabajo del estándar IEEE 802.11n, porque es el que está más presente en las redes actuales, y la red de WI-FI UPSE de los Laboratorios de Telecomunicaciones, no es la excepción.

El throughput bruto no es más que la máxima transferencia de información o datos también llamado Data Rate, mientras que throughput neto, es la cantidad normal de transferencia de datos entre dos o más puntos, en este caso para el estándar IEEE 802.11ac tendremos un throughput máximo de 4.49Gbps, y el neto será de 1.7Gbps, dependiendo de la estructura de la red (Raquel Fernández, 2012).

	802.11n	802.11n IEEE Specification	802.11ac Wave 1 Today	802.11ac Wave2 WFA Certification Process Continues	802.11ac IEEE Specification
Band	2.4 GHz & 5 GHz	2.4 GHz & 5 GHz	5 GHz	5 GHz	5 GHz
MIMO	Single User (SU)	Single User (SU)	Single User (SU)	Multi User (MU)	Multi User (MU)
PHY Rate	450 Mbps	600 Mbps	1.3 Gbps	2.34 Gbps – 3.47 Gbps	6.9 Gbps
Channel Width	20 or 40 MHz	20 or 40 MHz	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz
Modulation	64 QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM	256 QAM
Spatial Streams	3	4	3	3-4	8
MAC Throughput*	293 Mbps	390 Mbps	845 Mbps	1.52 Gbps – 2.26 Gbps	4.49 Gbps

* Assuming a 65% MAC efficiency with highest MCS.

Throughput Bruto y Neto del estándar IEEE 802.11n

Fuente: (Francés Hevia, 2012)

WIRESHARK

Wireshark es un analizador de protocolos red, es el software más utilizado a nivel mundial para diferentes aplicaciones, dado sus características y su gran variedad de herramientas, permite observar el tráfico de nuestra red a niveles microscópico, por así decirlo, analiza todo

lo que entra y sale en la red. Este programa es gratis y ha crecido gracias al aporte comunitario de varios expertos en telecomunicaciones a nivel mundial (WIRESHARK , 2022).

Entre sus principales características tenemos las siguientes:

- Análisis profundo de los cientos de protocolos de red.
- Dependiendo de la aplicación puede capturar en vivo y fuera de línea los paquetes de la red.
- Es multiplataforma, por lo que se puede instalar en Windows, Linux, macOS.
- Posee los filtros de pantalla más efectivos a nivel industrial.
- Soporte para descifrar muchos protocolos, entre ellos Ipsec, Kerberos, SSL/TLS.

IPERF3

Este software es una herramienta muy utilizada en el mundo de las redes de comunicación, sirve principalmente para realizar mediciones ancho de banda, de tal manera que a este lo lleva al valor máximo que puede alcanzar, trabaja bajo los protocolos UDP, TCP, SCTP en IPv4 y también con IPv6. Cuando se realizan pruebas, posee un entorno un poco amigable al usuario, donde nos informa acerca de las pérdidas, el ancho de banda, entre otros diferentes parámetros. IPERF 3 es una nueva versión desarrollado por ESNET, no compatible con el IPERF original el cual fue elaborado por NLANR/DAST (IPERF.FR, 2022).

OPENSPEEDTEST

Es una aplicación desarrollada con el principal de objetivo de medir la velocidad de internet, con la capacidad de trabajar en diferentes plataformas, o sistemas operativos ya que esta desarrollada en HTML5, para determinar la velocidad de internet, este opera en un navegador y el algoritmo permite detectar automáticamente la estabilidad de conexión mientras ejecuta varias solicitudes de carga y descarga, también un posee un apartado, en el que permite medir el rendimiento de conexión entre diferentes dispositivos, dando la posibilidad de gestionar un programa como servidor en un dispositivo x, y otro que actué como cliente, permitiendo así a los administradores de red, gestionar de mejor manera la conexión entre diferentes equipos en una misma empresa (OPENSPEEDTEST, 2022).

SPEED TEST DE OOKLA

Esta herramienta es similar a la anterior, pero con la diferencia de que esta, se encuentra enfocada a exclusivamente para medir la velocidad y el rendimiento de la conexión a internet, puesto que en cada prueba que realiza, usa la herramienta de SPEEDTEST SERVER NETWORK, la cual es una red global de servidores de muy alto rendimiento, y se encuentran en diferentes partes del mundo. En cada prueba de velocidad que se realice, este gestiona un servicio dedicado, el cual se encuentra en primer plano, por lo que permite al dispositivo que realiza el test, usar los suficientes datos, de tal manera que sobrecargue la conexión a internet, pueda medir la capacidad de la red, la velocidad de carga, descarga, la latencia, y la pérdida de paquetes (Connelly, 2021).

3 PROCEDIMIENTO

3.1 EQUIPO

EQUIPO NECESARIO

- ✓ NARDA SRM 3006
- ✓ GENERADOR DE INTERFERENCIAS POR BARRIDO.
- ✓ 2 COMPUTADORAS

MATERIAL DE APOYO

- ✓ Practica digital
- ✓ Pizarrón
- ✓ Marcadores
- ✓ Proyector

3.2 DESARROLLO DE LA PRACTICA

PASOS PARA CONFIGURAR EL EQUIPO NARDA SRM 3006

1. Paso 1: Lo primero que vamos a realizar es conectar la antena, y su respectivo conector, en la parte superior del equipo.
2. Paso 2: Encendemos el equipo vamos a los ajustes, tabla de servicio, y buscamos el estándar de WIFI IEEE 802.11.
3. Paso 3: Después de haber realizado los pasos anteriores, volvemos al menú principal y vamos a la opción safety evalúe y veremos una tabla que muestra el rango de lectura mínimo y máximo en el que se encuentra el protocolo IEEE 802.11, para la frecuencia de 2.4GHz.
4. Paso 4: Luego seleccionamos el modo spectrum para ver el comportamiento de la señal a nivel electromagnético
5. Paso 5: Ya por último solo debemos escoger las unidades en las que vamos a hacer la lectura de los datos que van a ir en las tablas, para este caso, las unidades fueron las

siguientes: Intensidad de Campo Eléctrico (mV/m), Intensidad de Campo Magnético (uA/m), Densidad de Potencia (uW/m²), Intensidad de Campo Eléctrico (dBmV/m), Intensidad de Campo Magnético (dBA/m), Potencia en dBm o RSSI.

La configuración de este equipo es la más sencilla basta con dos simples pasos

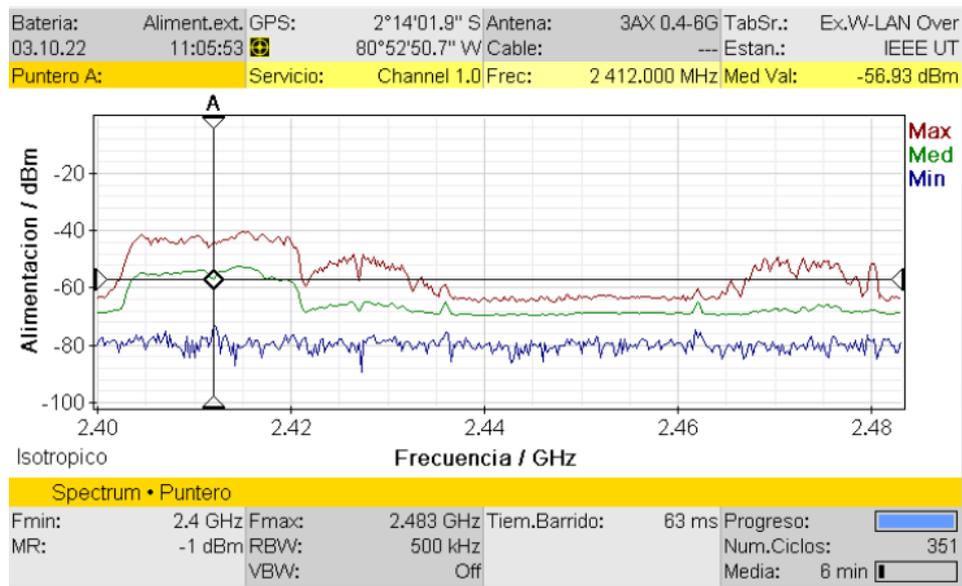
- ✓ Paso 1: Antes de encender el equipo debemos ver que este trabaja con 8 cristales que generan la frecuencia, por lo tanto, vemos que poseer 8 canales, lo primero que haremos es colocar las antenas y encender el equipo.
- ✓ Paso 2: Como se menciona anteriormente de los 8 switch, lo que haremos ahora es revisar en que banda de frecuencias vamos a interferir, para este proyecto trabajamos con el canal número 4, que interfiere en la banda de frecuencias de 2.4GHz

PASOS PARA LA PRACTICA

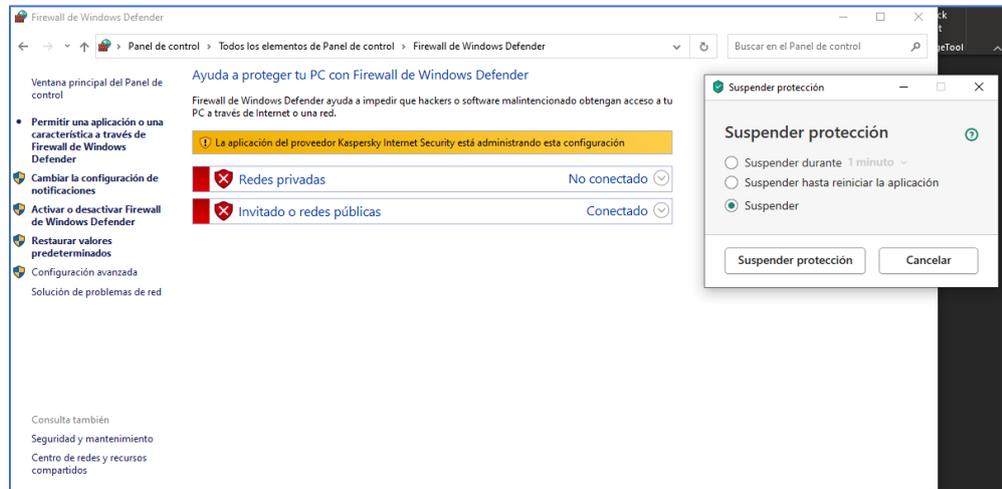
Esta practica se va dividir en 2 fases, antes de encender el generador de Interferencias, Y durante el encendido del Generador de Interferencia.

❖ ANTES DE ENCENDER EL GENERADOR DE INTERFERENCIA

1. Antes de configurar el Generador de Interferencia por barrido, primero debemos configurar el analizador de espectros NARDA SRM, como se indican en los pasos anteriores, analizaremos el espectro de WIFI en 2.4GHz, específicamente en el canal 1, en la frecuencia de 2.412GHz.



- Después de haber configurado el equipo NARDA SRM 3006, procederemos a configurar las computadoras, una va a ser cliente y otra será el servidor, para ello es necesario, deshabilitar el firewall de cada computadora, y el antivirus, así no nos dará ningún problema al momento de establecer la comunicación entre ambas computadoras.



- Luego procedemos a revisar la dirección IP de cada una de las PC, por medio del cmd, y el comando ipconfig

SERVER

```
Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::2338:6508:a7ad:c41%5
Dirección IPv4. . . . . : 172.31.1.231
Máscara de subred . . . . . : 255.255.240.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 172.31.0.1
```

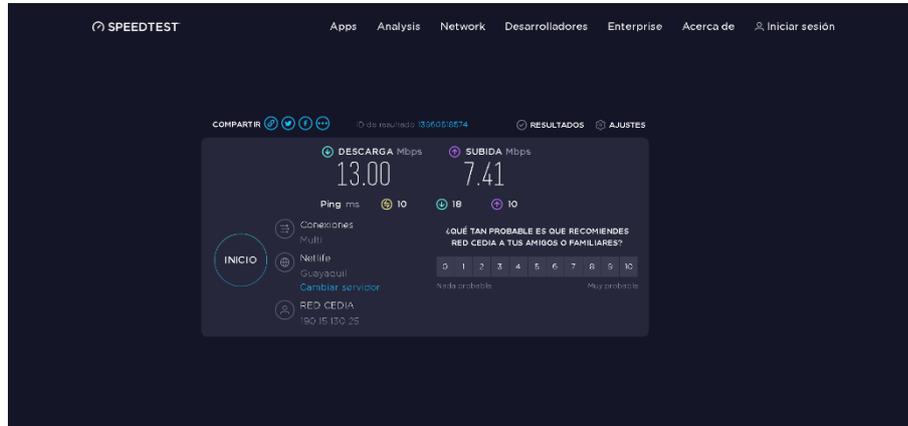
CLIENTE

```
Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::504c:490d:c453:2b0%2
Dirección IPv4. . . . . : 172.31.0.75
Máscara de subred . . . . . : 255.255.240.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 172.31.0.1
```

- Luego de haber realizado, el paso anterior, iremos al siguiente link <https://www.speedtest.net/es>, este es similar al software que estamos usando, la diferencia, es que este establece una comunicación entre los servidores en internet,

y nuestros PCs pasan a ser clientes, con esto nos ayudara a saber la velocidad que existe entre los dispositivos conectados a la red, y algún servidor en internet.

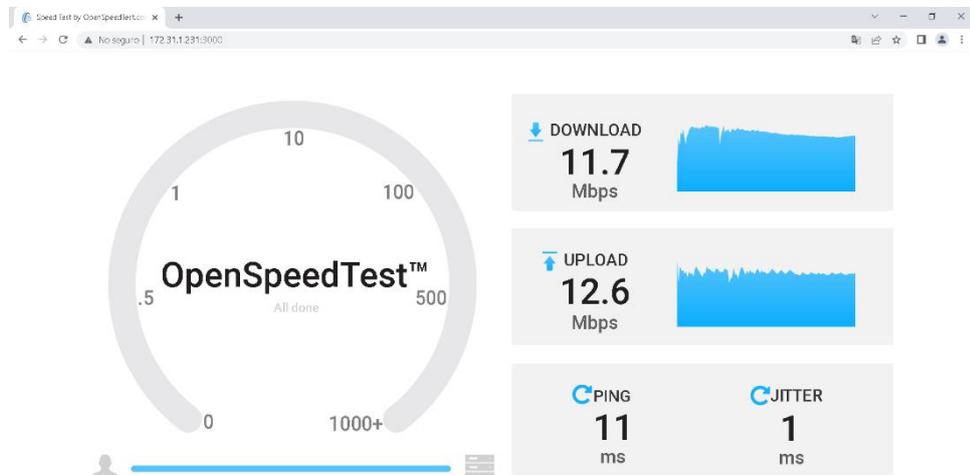


5. Ahora procederemos a establecer una computadora en modo servidor, en primer lugar con el software OPEN SPEED TEST, el cual nos brinda una interfaz gráfica más amigable que el iperf. La configuración de este programa es sencilla, basta con abrirlo, dar clic en start server y este comenzará a correr en la PC en modo server, en este caso dandonos la dirección IP 172.31.1.231 y el puerto 5201. (La IP y el puerto pueden cambiar dependiendo de la PC) .

Servidor SPEED TEST



- Después iremos a la PC cliente, y abriremos el navegador de internet, y en la barra de direcciones, colocaremos la dirección que nos dio el software speed test de la PC en modo servidor, en este caso es <http://172.31.1.231:5201>, y realizaremos un testeo de velocidad entre las 2 computadoras.



- Ahora replicaremos el mismo proceso anterior, pero con el software IPERF3, estableceremos una computadora en modo servidor, y la otra en modo cliente. Primero establecemos el servidor, luego el cliente.

SERVIDOR

```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/pscore6

PS C:\Users\MUÑOZ> cd /
PS C:\> cd "C:\Users\MUÑOZ\Downloads\Compressed\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64"
PS C:\Users\MUÑOZ\Downloads\Compressed\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64> .\iperf3.exe -s
-----
Server listening on 5201
-----
```

CLIENTE

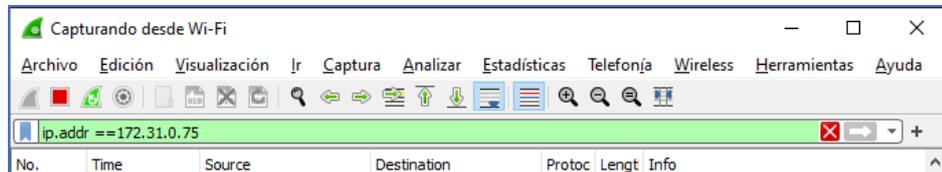
```
[KMG] indicates options that support a K/M/G suffix for kilo-, mega-, or giga-

iperf3 homepage at: http://software.es.net/iperf/
report bugs to: https://github.com/esnet/iperf
PS C:\Users\USUARIO\Downloads\programas\IPERF\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64> .\iperf3.exe -c 172.31.1.231
Connecting to host 172.31.1.231, port 5201
```

- Después de haber realizado el paso anterior, abriremos el software Wireshark en la computadora del servidor, hacemos un filtrado de búsqueda de IP del cliente, ahora en el iperf veremos que se establece una comunicación entre el servidor y el cliente, veremos que comienzan a enviarse paquetes por medio del WIFI hacia la otra PC, esta

comunicación usa el protocolo de red TCP, de tal manera que por cada paquete enviando, ambos responden con un ACK, confirmando que les ha llegado el mensaje.

WIRESHARK



SERVIDOR

```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/powershell

PS C:\Users\MUÑOZ> cd /
PS C:\> cd "C:\Users\MUÑOZ\Downloads\Compressed\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64"
PS C:\Users\MUÑOZ\Downloads\Compressed\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64> .\iperf3.exe -s

-----
server listening on 5201
-----
Accepted connection from 172.31.0.75, port 52969
[5] local 172.31.1.231 port 5201 connected to 172.31.0.75 port 52973
ID| Interval      | Transfer      | Bandwidth
5| 0.00-1.01    | sec 440 KBytes | 3.58 Mbits/sec
5| 1.01-2.01    | sec 837 KBytes | 6.83 Mbits/sec
5| 2.01-3.01    | sec 1.09 MBytes | 9.08 Mbits/sec
5| 3.01-4.00    | sec 1.18 MBytes | 10.0 Mbits/sec
5| 4.00-5.00    | sec 1.22 MBytes | 10.2 Mbits/sec
5| 5.00-6.00    | sec 1.39 MBytes | 11.7 Mbits/sec
5| 6.00-7.00    | sec 1.46 MBytes | 12.2 Mbits/sec
5| 7.00-8.00    | sec 1.38 MBytes | 11.6 Mbits/sec
5| 8.00-9.00    | sec 1.39 MBytes | 11.7 Mbits/sec
5| 9.00-10.00   | sec 1.39 MBytes | 11.7 Mbits/sec
5| 10.00-10.07  | sec 104 KBytes | 13.2 Mbits/sec
-----
ID| Interval      | Transfer      | Bandwidth
5| 0.00-10.07   | sec 0.00 Bytes | 0.00 bits/sec
5| 0.00-10.07   | sec 11.9 MBytes | 9.88 Mbits/sec
-----
server listening on 5201
-----
```

CLIENTE

```
iperf3 homepage at: http://software.es.net/iperf/
report bugs to: https://github.com/esnet/iperf
PS C:\Users\USUARIO\Downloads\programas\IPERF\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64> .\iperf3.exe -c 172.31.1.231
connecting to host 172.31.1.231, port 5201
[4] local 172.31.0.75 port 52973 connected to 172.31.1.231 port 5201
ID| Interval      | Transfer      | Bandwidth
4| 0.00-1.00    | sec 640 KBytes | 5.22 Mbits/sec
4| 1.00-2.01    | sec 896 KBytes | 7.29 Mbits/sec
4| 2.01-3.01    | sec 1.00 MBytes | 8.44 Mbits/sec
4| 3.01-4.01    | sec 1.25 MBytes | 10.4 Mbits/sec
4| 4.01-5.00    | sec 1.25 MBytes | 10.6 Mbits/sec
4| 5.00-6.01    | sec 1.38 MBytes | 11.5 Mbits/sec
4| 6.01-7.00    | sec 1.50 MBytes | 12.7 Mbits/sec
4| 7.00-8.01    | sec 1.38 MBytes | 11.4 Mbits/sec
4| 8.01-9.00    | sec 1.38 MBytes | 11.6 Mbits/sec
4| 9.00-10.00   | sec 1.38 MBytes | 11.5 Mbits/sec
-----
ID| Interval      | Transfer      | Bandwidth
4| 0.00-10.00   | sec 12.0 MBytes | 10.1 Mbits/sec
4| 0.00-10.00   | sec 11.9 MBytes | 9.94 Mbits/sec
-----
```

- Después de haber realizado el paso anterior, nos enfocaremos en la computadora del servidor, en el software Wireshark, donde veremos el tráfico de red que hay entre las

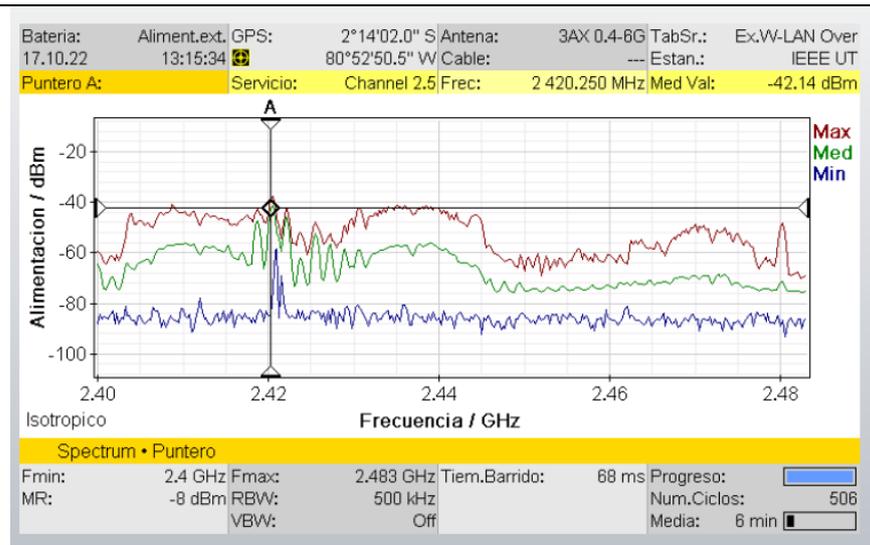
2 computadoras, el envío de paquetes por medio del WIFI, y usando el protocolo TCP, de tal manera que vemos, que el servidor le envía un paquete al cliente, y a su vez este le envían un ACK, para confirmar si le ha llegado, mientras que en el cliente este recibe el paquete, y de igual manera le envían un ACK, diciéndole que ha recibido el mensaje, y así se mantiene la comunicación.

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
16861	34.244271	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	1514	[TCP Spurious Retransmission] 52973 →
16862	34.244305	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	54	5201 → 52973 [RST] Seq=1 Win=0 Len=
16863	34.245275	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	1514	[TCP Spurious Retransmission] 52973 →
16864	34.245321	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	54	5201 → 52973 [RST] Seq=1 Win=0 Len=
16866	34.248549	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	54	52973 → 5201 [ACK] Seq=12507411 Ack=
16867	34.248549	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	58	52969 → 5201 [PSH, ACK] Seq=125 Ack=
16868	34.248597	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	54	5201 → 52973 [RST] Seq=2 Win=0 Len=
16879	34.292000	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	54	5201 → 52969 [ACK] Seq=6 Ack=129 Wi
16886	34.332793	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	249	52969 → 5201 [PSH, ACK] Seq=129 Ack=
16887	34.333295	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	58	5201 → 52969 [PSH, ACK] Seq=6 Ack=32
16893	34.381291	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	54	52969 → 5201 [ACK] Seq=324 Ack=10 W
16894	34.381389	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	251	5201 → 52969 [PSH, ACK] Seq=10 Ack=3
16897	34.396735	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	55	52969 → 5201 [PSH, ACK] Seq=324 Ack=
16898	34.397235	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	54	5201 → 52969 [FIN, ACK] Seq=207 Ack=
16900	34.401762	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	54	52969 → 5201 [ACK] Seq=325 Ack=208 \
16902	34.403025	172.31.0.75	172.31.1.231	TCP	54	52969 → 5201 [FIN, ACK] Seq=325 Ack=
16903	34.403153	172.31.1.231	172.31.0.75	TCP	54	5201 → 52969 [ACK] Seq=208 Ack=326 \

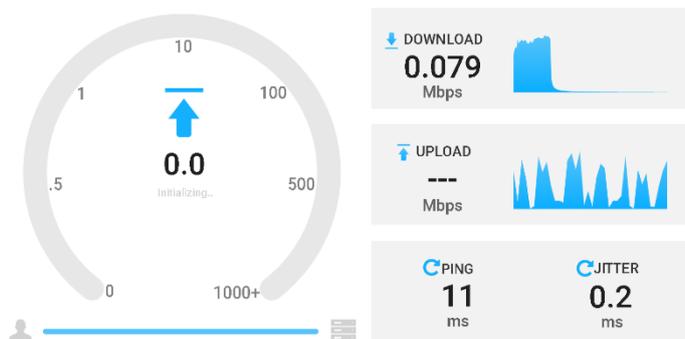
>	Frame 2137: 88 bytes on wire (704 bits), 88 bytes captured (704 bits) on interface 0	0000	01 00 5e 00 00 fb f8 63 3f 32 ab b3 08 00 45 00	...
>	Ethernet II, Src: IntelCor_32:ab:b3 (f8:63:3f:32:ab:b3), Dst: IPv4mcast (01:00:5e:00:00:fb)	0010	00 4a 01 4d 00 00 01 11 2a f1 ac 1f 00 4b e0 00	...
>	Internet Protocol Version 4, Src: 172.31.0.75, Dst: 224.0.0.251	0020	00 fb 14 e9 14 e9 00 36 11 33 00 00 00 00 00 01	...
>	User Datagram Protocol, Src Port: 5353, Dst Port: 5353	0030	00 00 00 00 00 00 09 5f 73 65 72 76 69 63 65 73	...
>	Multicast Domain Name System (query)	0040	07 5f 64 6e 73 2d 73 64 04 5f 75 64 70 05 6c 6f	...
		0050	63 61 6c 00 00 0c 00 ff	...

❖ **AHORA PROCEDEREMOS A ENCENDER EL GENERADOR DE INTERFERENCIAS POR BARRIDO**

10. La configuración del generador de interferencias por barrido, aunque brusca en sus mediciones, es óptima para bloquear la señal dentro de canales controlados (del 1 al 8). Por tanto, una vez se haya encendido procederemos analizar el espectro con el equipo NARDA SRM-3006.



11. Después de haber realizado el análisis espectral de la señal durante el encendido del generador de interferencia, procederemos a ver que ocurre con la comunicación entre el servidor y el cliente, iremos al cliente, e intentaremos realizar un test de velocidad en el cliente, así como en el paso 6.



Ahora procederemos a realizar las pruebas, con el software iperf, intentaremos establecer una comunicación con la señal interferida.

SERVIDOR

```
Windows PowerShell
[ 5] 72.01-73.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 73.01-74.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 74.01-75.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 75.01-76.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 76.01-77.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 77.01-78.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 78.01-79.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 79.01-80.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 80.01-81.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 81.01-82.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 82.01-83.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 83.01-84.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 84.01-85.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 85.01-86.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 86.01-87.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 87.01-88.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 88.01-89.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 89.01-90.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 90.01-91.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 91.01-92.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 92.01-93.02 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 93.02-94.02 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 94.02-95.02 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 95.02-96.00 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 96.00-97.00 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 97.00-98.00 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 98.00-99.00 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 99.00-100.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 100.01-101.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 101.01-102.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 102.01-103.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 103.01-104.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 104.01-105.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 105.01-106.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 106.01-107.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 107.01-108.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 108.01-109.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 109.01-110.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 110.01-111.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 111.01-112.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 112.01-113.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 113.01-114.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 114.01-115.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 115.01-116.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 116.01-117.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 117.01-118.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 118.01-119.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
[ 5] 119.01-120.01 sec 0.00 Bytes 0.00 bits/sec
```

CLIENTE

```
iperf Done.
PS C:\Users\USUARIO\Downloads\programas\IPERF\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64> .\iperf3.exe -c 172.31.1.231
Connecting to host 172.31.1.231, port 5201
[ 4] local 172.31.0.75 port 52994 connected to 172.31.1.231 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 4] 0.00-1.00 sec    1.00 MBytes  8.38 Mbits/sec
[ 4] 1.00-2.01 sec    1.25 MBytes  10.4 Mbits/sec
[ 4] 2.01-3.00 sec    768 KBytes  6.33 Mbits/sec
[ 4] 3.00-4.01 sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 4] 4.01-5.01 sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 4] 5.01-6.01 sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 4] 6.01-7.01 sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 4] 7.01-8.01 sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 4] 8.01-9.00 sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
iperf3: error - unable to receive control message: Connection reset by peer
PS C:\Users\USUARIO\Downloads\programas\IPERF\iperf-3.1.3-win64\iperf-3.1.3-win64>
```

12. Ahora procederemos a realizar la captura de paquetes en el software WIRESHARK, mientras la señal se mantiene interferida.

The screenshot shows a Wireshark capture of network traffic. The filter bar is set to 'ip.addr == 172.31.0.75'. The packet list shows a series of TCP connections between source IP 172.31.0.75 and destination IP 172.31.1.231. The details pane for the selected packet (No. 188) shows the following structure:

- Frame 188: 88 bytes on wire (704 bits), 88 bytes captured (704) on interface eth0
- Ethernet II, Src: IntelCor_32:ab:b3 (f8:63:3f:32:ab:b3), Dst: IPv4
- Internet Protocol Version 4, Src: 172.31.0.75, Dst: 224.0.0.251
- User Datagram Protocol, Src Port: 5353, Dst Port: 5353
- Multicast Domain Name System (query)

5 Conclusiones y Bibliografía

6.1 Conclusiones

- ¿Qué ocurre con el throughput antes y durante el encendido del generador de Interferencia?

ANTES: En primer lugar debemos tomar en cuenta que antes de encender el generador de interferencia, vemos en el analizador de espectros que la señal parece estar estable, y no presenta problemas, eso se comprueba realizando el test de velocidad con el link de speed test de Ookla, donde vemos una velocidad de subida de 13 Mbs y una velocidad de bajada de 7 Mbs, luego de eso procedimos a hacer el enlace entre servidor y cliente donde vemos en el cliente que tenemos una velocidad de subida de 11 Mbs y de bajada de 12 Mbs, si vamos al iperf en el cliente veremos que tenemos una velocidad de subida (sender) de 10.1 mbs y de bajada (receiver) 9.01 Mbs. Por último tenemos el analizador de red WIRESHARK, el cual nos ayuda verificar el envío y recepción de paquetes, entre las 2 computadoras, si nos percatamos en las respuestas del ACK, son la confirmación de que ambos se están intercomunicando, ya que trabajan bajo el protocolo TCP, y este se basa en entregar un mensaje, y recibir una respuesta de ambos lados, de que ha llegado la información.

DURANTE: Lo que ocurre cuando comenzamos a interferir la señal, en primer lugar veremos en el analizador de espectro NARDA, que la señal original cambio, y que ahora

se ve diferente, por lo tanto según la teoría, esta es una interferencia perjudicial, la cual afecta totalmente la señal y por ende todas las comunicaciones, hay que tener en cuenta que el equipo es un generador de interferencia por barrido, y la principal característica de este dispositivo, es que genera una señal interferente en todo el ancho del espectro para el cual ha sido configurado, en este caso estamos trabajando en 2.4GHz, por lo tanto al haber problemas en la señal, la comunicación entre el servidor y el cliente dejará de existir, y se perderán los paquetes. Tanto en speed test como en iperf, veremos que se intentarán comunicar, pero no será posible.

- ¿Qué ocurre con los paquetes enviados desde el servidor al cliente, cuando se está interfiriendo la señal?

Lo que vemos en iperf y en Wireshark, es que el servidor al perder la comunicación con el cliente, éste estará tratando de reconectarse, y enviando paquetes, hasta intentar retomar la conexión, es por eso que vemos en el paso 12 en Wireshark que el servidor se mantiene enviando paquetes de manera constante.

- ¿Cuál es la diferencia entre throughput y Velocidad de transmisión, si ambos se miden en Mbs?

Podríamos decir que tanto la velocidad, como el througput son lo mismo, ya que si vemos la definición ambos se parecen, porque en los dos se mide la cantidad de información transmitida en un determinado tiempo, la diferencia radica, en que el througput se refiere al rendimiento de la comunicación entre dos o más dispositivos enlazados directamente como por ejemplo la practica realizada en la que configuramos una computadora como servidor, y otra como cliente, y por medio del software IPERF y SPEED TEST de Windows y medimos el througput, mientras que la velocidad de transmisión es un dato más general, a que nos referimos, un ejemplo de esto, lo tenemos al principio de la práctica en el paso 4 donde realizamos un test de velocidad de la conexión entra la computadora que hace de servidor, con la conexión al internet, en estos casos lo que realiza el speed test de Ookla, es establecer un vínculo entre algún servidor del proveedor de internet y probar la velocidad a la que se transmiten los datos de subida y bajada. Algunas veces podríamos referirnos al throughput como velocidad de transmisión, pero siempre debemos tener en cuenta que está hablando del rendimiento de la conexión entre los dispositivos.

6.2 Bibliografía

- COMMUNICATIONS COMPANY. (2021). *MANUALSLIB*. Obtenido de <https://www.manualslib.com/manual/1674471/Narda-Srm-3006.html#manual>
- NARDA SAFETY TEST SOLUTIONS GMBH. (2022). *DIRECT INDUSTRY*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/narda-safety-test-solutions-gmbh/product-7092-55350.html>
- UIT-R. (2007). *RECOMENDACIÓN UIT-R V.573-5*. UIT. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiV7ZXd0uT4AhXZSTABHQzvCpYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Fdms_pubrec%2Fitu-r%2Frec%2Fv%2FR-REC-V.573-5-200709-S!!PDF-S.pdf&usg=AOvVaw0AHQRZr8kE2i3NV4461Epn
- WIRESHARK . (2022). *WIRESHARK.ORG*. Obtenido de <https://www.wireshark.org/>
- IPERF.FR. (2022). *IPERF.FR*. Obtenido de <https://iperf.fr/>
- OPENSPEEDTEST. (2022). *OPENSPEEDTEST.COM*. Obtenido de <https://openspeedtest.com/about-speed-test>
- Francés Hevia, F. J. (2012). *Evaluación Experimental del rendimiento de redes IEEE 802.11g bajo interferencias del tipo IEEE 802.11g/n*. Cantabria, España: UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/1406>
- Inostroza, C. M. (2021). *Plataforma de Análisis de Calidad del Servicio en Redes WIFI*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Raquel Fernández, A. L. (2012). *Estudio Experimental del rendimiento de redes IEEE 802.11n sometidas a interferencias*. Cantabria, ESPAÑA . Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/832>
- Connelly, D. B. (2021). *Ookla.com*. Obtenido de <https://www.ookla.com/articles/how-ookla-ensures-accurate-reliable-data-2021#measure-fast>