

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INHIBIDOR (JAMMER) DE
SEÑALES DE REDES WI-FI PARA LA RED DE CISCO

AUTOR:
CRISTIAN NAUL DELGADO CHAPACA

TUTORA:
VERÓNICA EMMA SORIA MALDONADO

Quito, enero del 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Cristian Naul Delgado Chapaca, con documento de identificación N° 1720111861, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado/titulación intitulado: “Diseño e implementación de un inhibidor (Jammer) de señales de redes Wi-Fi para la red de Cisco”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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



.....
Cristian Naul Delgado Chapaca

1720111861

Quito, enero del 2016

Declaratoria de coautoría de la docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INHIBIDOR (JAMMER) DE SEÑALES DE REDES WI-FI PARA LA RED DE CISCO**, realizado por Cristian Naul Delgado Chapaca, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, enero del 2016



Emma Verónica Soria Maldonado

CI:1715185961

DEDICATORIA

Dedico el trabajo a mis padres Rodrigo y Fanny, hermanos por enseñarme que todo esfuerzo vale la pena, que pese a las dificultades de cada día, valió la pena cada granito de confianza que depositaron en mí, espero que se sientan orgullosos como yo lo estoy de ustedes, además agradecer a mis amigos porque son la familia que uno decide escoger, por su apoyo en esos momentos difíciles que cada uno de nosotros tiene que pasar.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1	4
1.1 Guerra electrónica	4
1.2 Ataque electrónico	4
1.3 Técnica de jamming	4
1.4 Técnica de engaño.....	5
1.5 Técnica de radiación directa de energía	5
1.6 Tipos de señales AJ (antijam)	5
1.6.1 Técnicas de jamming.....	6
1.6.2 Jamming por ruido	6
1.6.3 Jamming por ruido de banda ancha o banda completa	6
1.6.4 Jamming por ruido de banda-parcial.....	6
1.6.5 Jamming por ruido de banda-angosta	7
1.6.6 Jamming por tonos	7
1.7 Distribución de la energía en el espectro y en el tiempo.....	7
1.7.1 Jamming por pulsos.	7
1.7.2 Jamming por barrido.	8
1.7.3 Jamming por seguimiento.	8
1.7.4 Jamming inteligente.	8
1.8 Técnica para incrementar la eficiencia del jammer.....	8
1.9 Clasificación general de jammers	9
1.9.1 Jammer constante	9
1.9.2 Jammer de engaño.....	9
1.9.3 Jammer aleatorio.	9
1.9.4 Jammer reactivo.	10
1.10 Modelo de referencia OSI y modelo de referencia TCP/IP.	10
1.11 Espectro electromagnético.	11
1.12 Estándares inalámbricos	12
1.13 Modulación CCK (complementary code keying).	12
1.14 Espectro de difusión de secuencia directa complementaria (Dsss).....	13
1.15 Potencia de transmisión estándar 802.11.	13
1.16 Secuencia de saltos.....	13

1.17 Antenas.....	14
1.17.1 Parámetros de las antenas.....	14
1.18 Tipos de antenas para comunicaciones WLAN	15
1.18.1 Antena direccional.....	15
1.18.2 Antenas omni-direccionales	15
1.19 Circuitos amplificadores operacionales	15
1.20 Generador de onda triangular	16
1.21 Osciladores	18
1.21.1 Oscilador controlador por voltaje.....	18
1.21.2 Tipos de VCO (voltage-controlled oscillator).....	18
1.21.3 Los osciladores lineales o armónicos	18
1.21.4 Oscilador de relajación.....	19
1.22 Situación actual	19
1.22.1 Espacio físico	19
1.22.2 Laboratorio de cisco.....	20
1.22.3 Redes virtuales en el campus.	21
Capítulo 2.....	23
2.1 Diseño del inhibidor.....	23
2.2 Alimentación	23
2.2.1 Transformador	24
2.2.2 Rectificación.....	24
2.2.3 Filtrado	24
2.2.3.1 Elección del capacitor.	25
2.2.3.2 Los valores comerciales se tienen condensadores:	25
2.2.4 Regulación.....	26
2.3 Cálculo del fusible para el circuito:	27
2.4 Sección de generador de onda triangular	27
2.5 Circuito sumador no inversor.....	29
2.6 Cálculos del circuito sumador no inversor:.....	30
2.7 Selección del VCO	31
2.8 Selección del amplificador de RF.	33
2.8.1 Mediciones de potencia.....	33
2.9 Línea de transmisión y antena.....	36

2.10 Diseño de la caja para el jammer	38
Capítulo 3	39
3.1 Esquema de la fuente de poder.....	39
3.2 Esquema del circuito generador de onda triangular	41
3.3 Esquema del oscilador controlado por voltaje.	42
3.4 Implementación de las placas y elementos de conexión.....	43
Capítulo 4	45
4.1 Pruebas de cada una de las etapas del inhibidor de señal.	45
4.2 Presupuesto	48
Conclusiones	49
Recomendaciones.....	51
Lista de referencias	52
Anexos	53

Índice de figuras

Figura 1. Capas OSI y TCIP	11
Figura 2. Canales Wi-Fi	14
Figura 3. Simbología del circuito operacional	16
Figura 4. Circuitos comparador e integrador	17
Figura 5. Grafica de una señal triangular y comparador	17
Figura 6. Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur	19
Figura 7. Laboratorio 3 de Cisco.....	20
Figura 8. WLANs Campus Sur	22
Figura 9. Diagrama de bloques del Inhibidor	23
Figura 10. Estructura de la Fuente de alimentación.....	24
Figura 11. Condensadores comerciales.....	25
Figura 12. Características del VCO	29
Figura 13. Circuito sumador no inversor	30
Figura 14. Encapsulado del CVCO55BE-2300-2400	32
Figura 15. Medición de la Potencia de Transición del Punto de Acceso.....	34
Figura 16. Amplificador RF	35
Figura 17. Captura del cálculo de la línea de transmisión coplanar	36
Figura 18. PCB del VCO y la línea de transmisión coplanar.....	37
Figura 19. Dimensiones de la caja para el jammer	38
Figura 20. Modelado 3D de la caja del jammer	38
Figura 21. Circuito esquemático de la fuente del jammer	39
Figura 22. Voltajes de la fuente de alimentación.....	40
Figura 23. PCB (Printed Circuit Board) de la fuente del jammer	40
Figura 24. Circuito esquemático generador de Señal Triangular.....	41
Figura 25. Señal Triangular de 2.5 VDC de offset y 2 VDC de Vpp a 2.8 kHz.....	41
Figura 26. PCB (Printed Circuit Board) del Generador de señal Triangular	42
Figura 27. PCB (printed circuit board) del VCO	43
Figura 28. Caja con los componentes internos.....	44
Figura 29. Caja con las conexiones completas.....	44
Figura 30. Diagrama de bloques del inhibidor.....	45
Figura 31. Figura de los voltajes de la señal triangular y barrido del VCO.....	46

Figura 32. Captura de la laptop	47
Figura 33. Captura del dispositivo móvil.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Espectro Electromagnético.....	11
Tabla 2. Estándares Inalámbricos	12
Tabla 3. Características técnicas del Punto de acceso.....	21
Tabla 4. Sistema de distribución de redes virtuales campus sur	22
Tabla 5. Elementos electrónicos de la fuente de alimentación	26
Tabla 6. Elementos electrónicos del generador de onda triangular	31
Tabla 7. Características eléctricas de los VCO	32
Tabla 8. Características de los Amplificadores RF.....	34
Tabla 9. Tabla de la distancia de cobertura del Jammer	46

Índice de anexos

Anexo 1. Presupuesto.....	53
---------------------------	----

Resumen

El acceso a Internet por medio de los dispositivos de acceso personal ha ganado terreno a lo largo de los años así también el desarrollo en las comunicaciones y el exceso de Información, esto ha generado entre los estudiantes universitarios dentro de las aulas de clase que el Internet no sea usado como un recurso sino como una distracción, creando una influencia negativa en el desarrollo de la clase, especialmente en los exámenes existe cierto nivel de deshonestidad por el uso del Internet, además de distracciones en la clase y varios factores que afectan no solo a un estudiante sino a todo el grupo de trabajo ya que no se aprovecha plenamente los recursos de manera productiva y la clase expuesta por el docente.

El proyecto consiste en diseñar un inhibidor de señal (jammer) que bloquee la señal Wi-Fi que trabaja en el espectro de 2.4 GHz e impedir que los dispositivos móviles así como celulares y portátiles de los estudiantes se conecten a la red Wi-Fi dentro del laboratorio 3 de Cisco, es así que para el diseño del inhibidor hay que analizar el espacio físico, la potencia requerida y parámetros que permitan cumplir el objetivo planteado.

Este diseño de un inhibidor trata de minimizar los efectos negativos que genera el tener acceso a Internet dentro de las aulas de clase, es decir, evitar un mal uso de este recurso y de cierta manera generar un ambiente de trabajo óptimo en el desarrollo de la clase dentro del laboratorio de Cisco.

Abstract

Internet access through devices personal access has gained ground over the years like this also the development in the communications and the excess of information has generated between the university students inside the classrooms of class that the Internet was not used like but a resource like a distraction, creating a negative influence in the development of the class, especially in the exams exists some level of dishonesty by the use of the Internet, in addition to distractions in the class and several factors that affect not only to a but to all the student group of work since it does not fully take advantage of the resources of productive way and the exposed by the teacher class.

The project consists in designing an inhibitor of signal (jammer) that block the Wi-Fi signal that works in the spectrum of 2.4 GHz and prevent that the mobile devices as well as cellphone and laptops of the students connect to the Wi-Fi network inside the laboratory of Cisco, is so for the design of the inhibitor it is necessary to analyze the physical space, the power required and parameters to allow fulfill that the aim posed.

This design of an inhibitor treats to minimize the negative effects that generates have access to the Internet inside the classrooms of class, that is to say avoid a bad use of this resource and of some way of work generate an optimal environment in the development the class inside the laboratory of Cisco.

Introducción

La necesidad de limitar el uso del Internet en el espacio de trabajo de los estudiantes como los laboratorios de Cisco, para aprovechar la clase expuesta y evitar distracciones que genera el Internet en el momento que se esté recibiendo la materia correspondiente, es así que se diseñará un inhibidor de señal que impida a los estudiantes conectarse a la red inalámbrica del campus que posee acceso al Internet.

Debido al libre acceso de la señal inalámbrica con acceso a Internet dentro de los laboratorios de CISCO, los estudiantes se conectan y esto genera una distracción en la clase y como consecuencia de la falta de atención poco o nada entienden del contenido de la materia expuesta por parte del docente, las consecuencias de esto se ve reflejada en las calificaciones y su bajo desempeño en clase. Además de evitar la deshonestidad en exámenes universitarios ya que comúnmente se usa el Internet para enviar y recibir respuestas de los exámenes. Al tener acceso libre al Internet la distracción es inevitable en todo el grupo estudiantil y una manera de contrarrestar el acceso Wi-Fi es diseñar un inhibidor de señal, para evitar que los estudiantes se conecten a la red inalámbrica y así aprovechen más la clase evitando este mal uso de los recursos de la universidad.

Primero vale la pena destacar que este dispositivo es conocido como jammer, por qué capaz de bloquear una comunicación inalámbrica a partir de una señal generada. Es así que partiendo de la problemática se desea diseñar e implementar un jammer que funcione para tecnología Wi-Fi que trabaja en el espectro de 2.4 GHz, con la finalidad de evitar que los estudiantes se conecten a la red inalámbrica del laboratorio de Cisco, para esto se analizara las distintas técnicas de jamming para establecer los parámetros para el diseño del inhibidor de frecuencias.

La principal ventaja de desarrollar el inhibidor de señal es evitar tener acceso al Internet dentro de los laboratorios de Cisco, para que tanto estudiantes como docentes tenga un ambiente laboral óptimo sin distracciones, es así que los estudiantes aprendan más y mejorar la participación en clase porque mientras no se pierda la continuidad en el desarrollo de la materia mayor es el aprendizaje.

De manera general, el tener acceso a la información por medio del Internet, no representa un conocimiento pleno de la misma. La información con el apoyo del docente, ayuda en el laboratorio a tener una crítica con bases fundamentadas, de esta manera el estudiante puede aportar conocimientos en los temas relacionados con la clase expuesta por el docente o compañeros, pues en la interacción con la clase ayuda que el conocimiento sea desarrollado de una mejor manera.

A demás se protege de redes sin autenticación, de esta forma, podemos dejar funcionales pocos canales de comunicación restringiendo la posibilidad de que se generen redes maliciosas que afectan a todos en general. Es parte del compromiso de los profesionales e ingenieros en electrónica con mención en telecomunicaciones colaborar en el uso eficiente de la tecnología y disminuir el impacto negativo del mal uso del Internet en el laboratorio de Cisco.

El contenido de cada capítulo hace referencia a la descripción del proyecto y las etapas que se necesita para el diseño del inhibidor de señal.

El capítulo 1, engloba los conceptos técnicos necesarios para el diseño y hace énfasis

en conceptos tales como las distintas técnicas de jamming, análisis del espectro, técnicas de modulación, parámetros de las antenas, además se analiza la condición actual del espacio físico del laboratorio 3 de Cisco y su infraestructura.

El capítulo 2 básicamente en este capítulo está la parte de diseño e implementación, las características de las etapas que posee el jammer para su funcionamiento, estas son la etapa de alimentación, oscilación, radio frecuencia y la antena además del diseño de la caja del jammer.

El capítulo 3 muestra los diagramas de los circuitos y las simulaciones correspondientes a cada etapa, y la implementación de cada placa electrónica en la caja del jammer.

El capítulo 4 se desarrolló las pruebas del jammer se documentó satisfactoriamente los resultados obtenidos además se elaboró el presupuesto del jammer.

Capítulo 1

1.1 Guerra electrónica

Se considera que la comunicación que es bloqueada o interceptada, es decir, impedir la comunicación de dos puntos transmisor y receptor utilizando diferentes tipos de tecnología y técnicas se conoce como Guerra Electrónica o (Electronic Warfare) (Richard, 2004, pág. 1).

Elementos principales de la Guerra Electrónica:

- El ataque electrónico
- El apoyo electrónico
- La protección electrónica

1.2 Ataque electrónico

El ataque electrónico utiliza diferentes tipos de técnicas:

- 1) Técnica de Jamming
- 2) Técnica de Engaño
- 3) Radiación directa de energía

1.3 Técnica de jamming

La palabra jamming no abarca completamente el significado de un inhibidor de señal, básicamente la técnica del jamming es aquella que afecta una comunicación (Richard, 2004, pág. 1).

Toda información transmitida cuando el jammer este encendido se verá afectada, en ciertos países el uso de este dispositivo está regulado y penalizado ya que la pérdida de información o el bloqueo de la misma se considera un delito.

1.4 Técnica de engaño

La técnica de engaño es crear un camino de comunicación ficticio que engañe al receptor, es así que el receptor original recibe la señal de un transmisor ajeno a la infraestructura una vez establecido el ataque se puede sabotear la comunicación entre receptor y el transmisor.

1.5 Técnica de radiación directa de energía

La técnica de radiación genera una señal con una potencia mayor que permita dañar el equipo de recepción y el de transmisión, la potencia para dañar la recepción o transmisión depende de la aplicación que se va a atacar, es así que todo dispositivo que utiliza las técnicas o variaciones de las mismas son conocidos como jammers.

1.6 Tipos de señales AJ (antijam)

Existen dos tipos de señal anti Jamming:

- El primero consiste en la secuencia directa de amplio espectro o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).
- El segundo tipo de señal Anti-Jamming es el salto de frecuencia o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) (Richard, 2004, págs. 8,9).

1.6.1 Técnicas de jamming

Las distintas técnicas de jamming posee ventajas y desventajas y cada una de ellas depende mucho de la aplicación, que se va atacar, de esta manera es necesario estudiar cada una de ella para escoger la técnica adecuada.

1.6.2 Jamming por ruido

El jamming por ruido consiste en modular la portadora con ruido blanco gaussiano (Richard, 2004, pág. 470). La portadora se transmite al receptor que se va atacar y dependiendo del espectro que ocupa la señal jamming se divide en tres clases: Jamming por ruido de banda-ancha, banda-parcial y banda angosta.

1.6.3 Jamming por ruido de banda ancha o banda completa

El ruido de banda ancha consiste en ocupar todo el espectro de frecuencias en el que se desea afectar. Para garantizar que este tipo de jamming tenga resultados óptimos es necesario controlar la potencia y la distancia.

1.6.4 Jamming por ruido de banda-parcial

Este tipo de jamming funciona de igual manera que el jamming de banda ancha, la característica que diferencia es que la potencia que genera el jammer solo afecta a una parte específica del espectro, esta característica aumenta la eficiencia con respecto al jamming de banda ancha.

1.6.5 Jamming por ruido de banda-angosta

Este tipo de jamming comparte las características del jamming de banda ancha y el de banda parcial, sin embargo el espectro que se utiliza es muy reducido comparado con todo el espectro usado por el dispositivo a bloquear.

1.6.6 Jamming por tonos

Este tipo de jamming asigna un solo tono o tonos, en todo el espectro de frecuencias, la posición adecuada del tono dentro del espectro aumenta la posibilidad de bloquear eficientemente el objetivo.

1.7 Distribución de la energía en el espectro y en el tiempo.

Es importante conocer la distribución de energía en todo el espectro y saber cómo se distribuye los ataques durante el tiempo.

1.7.1 Jamming por pulsos.

En este caso independientemente de cómo sea el espectro del jamming, lo que interesa es el tiempo que el jammer está encendido, este tipo de jamming ahorra considerablemente la potencia y su eficiencia dependerá de la selección del ciclo de trabajo del jamming.

1.7.2 Jamming por barrido.

Consiste en introducir ruido o una señal periódica en una parte del espectro y una vez colocada esta señal, se realiza un barrido por todo el ancho de banda que ocupe la misma. La eficacia de este tipo de jamming dependerá del barrido que debe ser lo suficientemente rápido para bloquear el espectro.

1.7.3 Jamming por seguimiento.

Este tipo de jamming se utiliza en sistemas FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, espectro ensanchado por salto de frecuencia), este tipo de técnica consiste en detectar el cambio de la frecuencia central del objetivo y así seguirlo e impedir la comunicación.

1.7.4 Jamming inteligente.

El jamming inteligente no es una técnica como las anteriores, es decir, se estudia directamente la aplicación que se desea afectar esto es para que el éxito de jammer sea preciso. También al jamming inteligente se lo considera jamming de engaño consiste en enviar un mensaje falso para sostener una de las partes de la comunicación establecida.

1.8 Técnica para incrementar la eficiencia del jammer.

Este tipo de técnica consiste en bloquear varias señales a la vez, este proceso se lo

realiza con varias técnicas que ayudan a controlar la potencia utilizada por el jammer a demás controlar el consumo de energía, en ciertas aplicaciones el jammer es capaz de interferir distintos tipos de espectros, compartiendo la misma potencia entre los dispositivos a atacar y controlar el encendido del jammer para ser usado en diferentes escenarios.

1.9 Clasificación general de jammers

1.9.1 Jammer constante

Para este tipo de jammer se necesita una combinación de ruido y la técnica de barrido, su ventaja radica en un diseño simple sin embargo el jammer puede ser detectado debido a los picos de potencia que genera el uso de una fuente de ruido.

1.9.2 Jammer de engaño.

Este tipo de jammer forma parte del jamming inteligente, consiste en enviar una señal falsa que hace que el receptor no distinga la señal falsa y así evitar que sea detectada, tiene un alto consumo de potencia.

1.9.3 Jammer aleatorio.

El jammer funciona de manera controlada, es decir, el encendido y apagado está condicionado por el tiempo, su eficiencia depende de la aplicación que se desea afectar una vez conocido el objetivo se utiliza jamming por ruido, por tonos o pulsos, el

consumo de potencia es relativamente bajo.

1.9.4 Jammer reactivo.

El jammer reactivo posee unas características que le permiten pasar desapercibido, su función es monitorear la comunicación entre el transmisor y el receptor para saber cuándo debe actuar, una vez conocido el objetivo se utiliza jamming por ruido, por tonos o pulsos de igual manera que jammer aleatorio.

1.10 Modelo de referencia OSI y modelo de referencia TCP/IP.

El modelo de referencia OSI fue desarrollado por la (ISO) Organización Internacional de normas que sirve para la estandarización de los protocolos basados en siete capas. Así también se desarrolló el modelo de referencia TCP/IP este modelo está simplificado en cuatro capas.

Cada capa tiene una función de red específica para permitir la comunicación entre equipos además de normalizar los componentes de red para permitir el soporte de los productos de diferentes fabricantes, la comunicación en los modelos siempre comienza en la capa más baja.

Capas OSI y TCIP

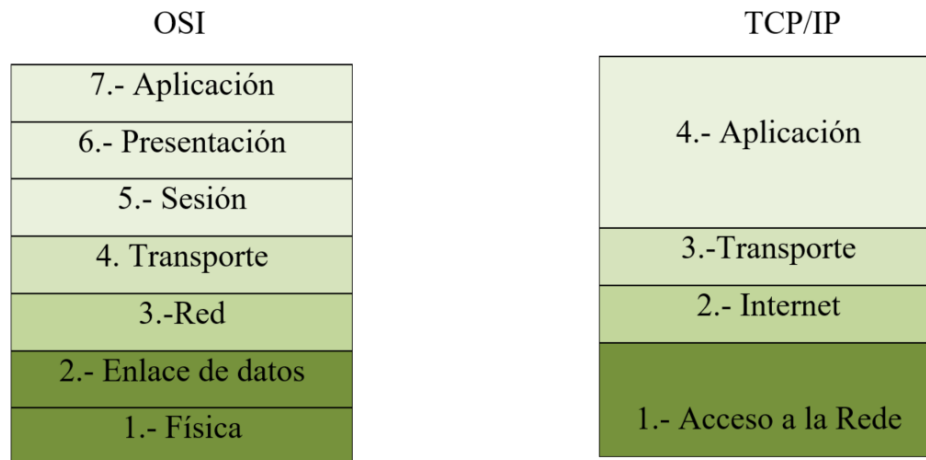


Figura 1. Modelo de referencia OSI & TCP/IP.
Elaborado por: Cristian Delgado.

1.11 Espectro electromagnético.

Dentro del espectro electromagnético existen longitudes de onda va de la mayor a menor y su frecuencia de operación.

Tabla 1.
Espectro Electromagnético

		Longitud de onda	Frecuencia
Radio	Muy baja frecuencia	>10 km	<30 KHz
	Onda larga	<10 km	>30 KHz
	Onda media	<650m	>650 KHz
	Onda corta	< 180 m	>1.7 MHz
	Muy alta frecuencia	<10 m	>30 MHz
	Ultra alta frecuencia	<1m	>300 MHz
Microonda		<30 cm	>1.0 GHz
Infrarrojo	Lejano / submilimétrico	<1 mm	>300 GHz
	Medio	<50 um	>6.0 Thz
	Cercano	<2.5 um	>120 Thz
Luz visible		<780 nm	>384 Thz
Ultravioleta	Cercano	<380 nm	>789Thz
	Externo	<200 nm	>1.5 Phz
Rayo X		<10 nm	>30.0 Phz
Rayos gamma		<10 pm	>30.0 Phz

Nota: Elaborado por Cristian Delgado.

1.12 Estándares inalámbricos

Wi-Fi.

Constituye una organización que regula bajo la norma 802.11 y certifica a equipos cumplen con ella. El comité IEEE 802.11 desarrollo los estándares para las redes inalámbricas como son las de área local y área metropolitana este estándar su velocidad estaba limitada por 1 o 2 Mbps.

Tabla 2.
Estándares Inalámbricos

Protocolo	802.11 b		802.11g	802.11 n
Frecuencia de operación	2.4 GHz		2.4Ghz	2.4-5GHz
Throughput	4.3 Mbits		19 Mbits	74 Mbits
Velocidad de Tx	11 Mbits		54 Mbits	248 Mbits
Modulación	DSSS		OFDM	DSSS/CCK/OFDM
Cobertura (interior)	38 metros		38 metros	70 metros
Cobertura (exterior)	140 metros		140 metros	250 metros

Nota: Elaborado por Cristian Delgado.

1.13 Modulación CCK (complementary code keying).

Es un tipo de modulación se usa para recuperar claves que se encuentran encriptadas se utiliza para tecnología que trabaja en el estándar 802.1, este proceso consiste en enviar una señal de bits y esta es dividida en símbolos, a cada símbolo se asigna un código. Ahora la transmisión ya no corresponde al envío de bits sino lo contrario, es decir, se envía un símbolos que contenga más bits, esto da como resultado que se tiene un envío de datos elevado pero la información contenida es la misma y no cambia el espectro de transmisión.

1.14 Espectro de difusión de secuencia directa complementaria (Dsss)

El espectro ensanchado es un tipo de codificación que para su modulación utiliza pseudoruido para modular la portadora para transmisiones digitales este procedimiento se usa para aumentar el ancho de banda y reducir la potencia en la transmisión, esta característica permite que algunos receptores eludan la señal puesto que es similar al ruido, pero no los receptores que recibieron la secuencia del emisor.

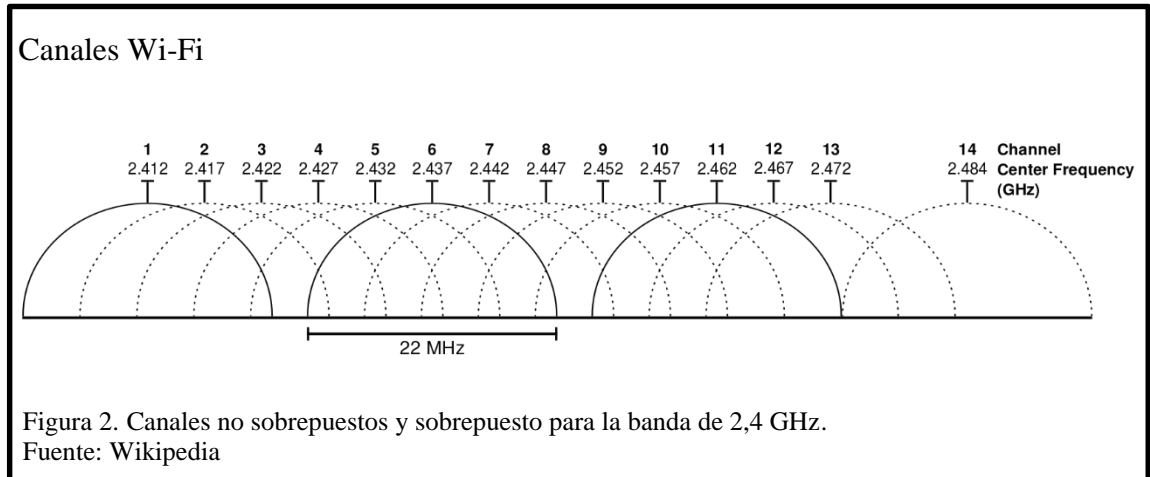
1.15 Potencia de transmisión estándar 802.11.

En el estándar 802.11 se utiliza una potencia de 100 mW para el espectro de 2,4GHz que se encuentra regulada, esto se debe ya que la banda de 2,4 GHz es compartida por otras tecnologías como es el Bluetooth además la banda es libre es decir, no se paga ningún costo por el uso de la misma. La palabra Wi-Fi se ha universalizado para identificar los dispositivos que operan con el estándar 802.11.

1.16 Secuencia de saltos.

La secuencia de saltos se utilizan en las redes inalámbricas que están regulados por el estándar 802.11b, existen canales que no se superponen entre sí, básicamente trabaja a las velocidades de transmisión que van desde 5,5 Mbps a los 11 Mbps, se ve muy poco afectado por la interferencia de equipos externos. Los canales que no se encuentran superpuestos son 3, para América latina el estándar posee 11 canales de los cuales el canal 1, 6, 11 son los que no se solapan estos a su vez están separados cada 5 MHz para la banda de frecuencias 2,4 GHz.

Existe otro modo de transmisión que es sobreponiendo los canales para velocidades de 1 Mbps y 2 Mbps, y estos se encuentran separados cada 10 MHz para sistemas Dsss.



1.17 Antenas.

Las antenas son los elementos construidos por materiales conductores que reciben o envía información en forma de campo electromagnético. Los diferentes tipos de antena poseen características que permiten dirigir la energía electromagnética hacia el receptor dependiendo de la aplicación a utilizarse.

1.17.1 Parámetros de las antenas.

Los parámetros son característicos de las antenas, estas pueden variar dependiendo de la aplicación, cada una de ellas define la función específica de la antena.

- La densidad de potencia.
- Directividad
- Ganancia
- Polarización

- Impedancia

1.18 Tipos de antenas para comunicaciones WLAN

1.18.1 Antena direccional.

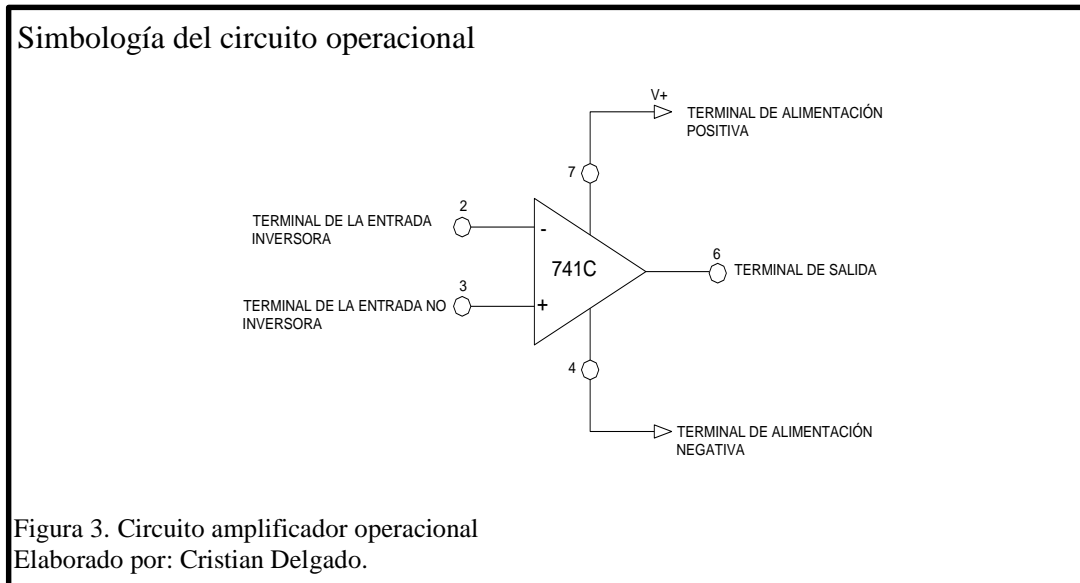
Su función es concentrar la energía transmitida en una dirección donde está ubicado receptor. La mayor parte de estas antenas son utilizadas a enlaces punto a punto y punto a multipunto, estas son comúnmente las antenas parabólicas o Yagi.

1.18.2 Antenas omni-direccionales

La característica de este tipo de antena es irradiar la energía en forma de campo electromagnético en todas la direcciones su ganancia es la más baja comparada con los otros tipos de antenas 15 dBi máximo.

1.19 Circuitos amplificadores operacionales

El amplificador operacional es un dispositivo electrónico que permite manejar diferentes tipo de frecuencia debido a su arquitectura posee una alta impedancia a la entrada y además puede ser polarizado con volates positivos y negativos, estas características permiten utilizarlos para diferentes escenarios en la electrónica utilizando un arreglo de diferentes tipos de elementos electrónicos que permitan adecuar el circuito a la aplicación que se necesite (Coughlin, 2001, pág. 4)



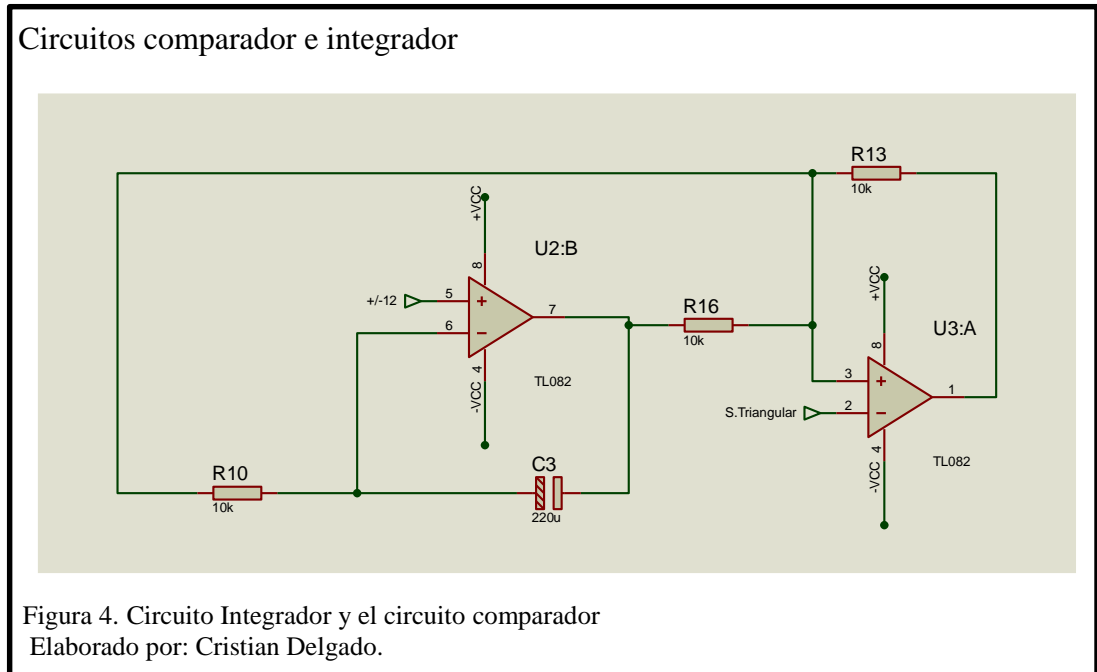
1.20 Generador de onda triangular

Se escoge la señal triangular debido que las variaciones de voltaje son más lineales entre sus voltajes picos, esto permitirá que el barrido que realizará el VCO será más uniforme, esto se debe a que la señal triangular es una señal periódica, esto significa que la velocidad tanto de subida como de baja son las mismas.

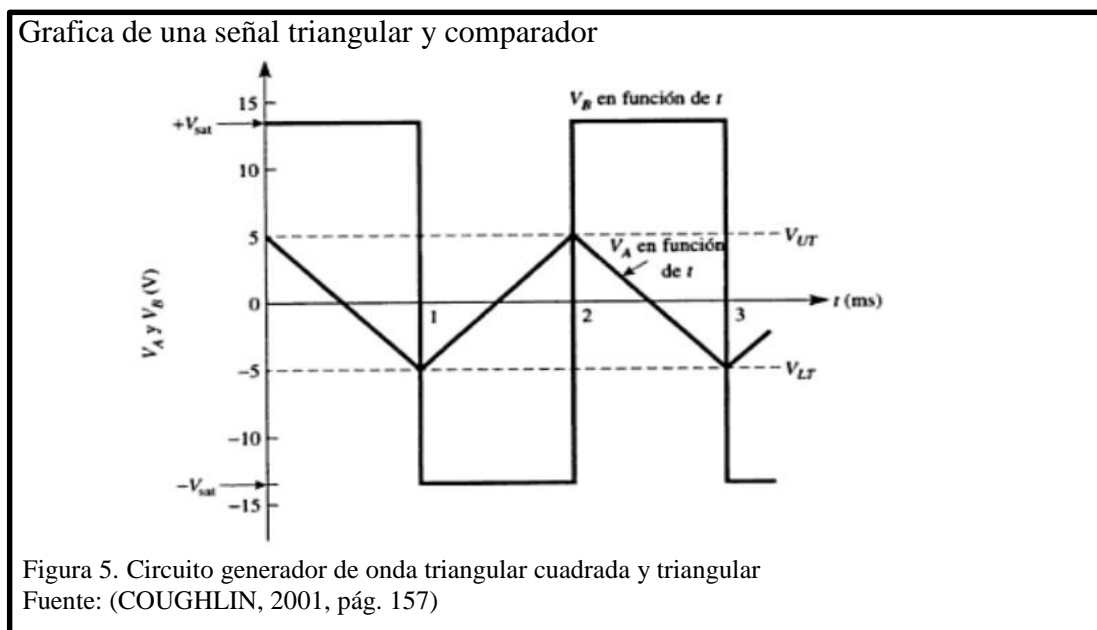
La importancia radica en si el barrido del espectro de 2,4GHz es muy rápido no va a poder interferir la señal, de igual manera si es muy lento, la señal triangular se puede modificar su frecuencia y potencia, acondicionado el circuito que genere la misma para obtener los valores deseados. La integral de una onda cuadrada es una onda triangular. Aplicando este principio, es posible construir un generador de onda triangular. Ver figura 4.

El generador de onda triangular está compuesto por un circuito en cascada primero se encuentra el circuito que genera la onda cuadrada luego se conectada con un circuito integrador, cada etapa tiene un arreglo de elementos electrónicos que caracteriza la

función del circuito, estos elementos son calculados dependiendo de los resultados que se dese a la salida del amplificador.



La Figura 4 es solo referencial los cálculos se pueden profundizar en (Coughlin, 2001, págs. 158-167).



1.21 Osciladores

Un oscilador es un circuito que genera una onda que se repite en el tiempo, comúnmente son ondas periódicas así como una onda sinusoidal, triangular, cuadrada o una la combinación de las mismas.

1.21.1 Oscilador controlador por voltaje.

Oscilador controlado por tensión o VCO (Voltage-controlled oscillator) es un dispositivo electrónico que si se ingresa un voltaje a la entrada hace un barrido en frecuencia proporcional a la tensión de entrada, está compuesto por un amplificador un circuitos formados por una bobina y un condensador y una realimentación.

1.21.2 Tipos de VCO (voltage-controlled oscillator)

Se dividen por tipo de onda generada.

- Oscilador Armónicos
- Osciladores de Relajación.

1.21.3 Los osciladores lineales o armónicos

Este oscilador genera una onda sinusoidal, sin aplicar ninguna alimentación a la entrada, está compuesto por un circuito resonante con un amplificador.

1.21.4 Oscilador de relajación

Es un circuito redundante, que cumple un ciclo de trabajo repetitivo, por la carga de un condensador, cuando el voltaje alcanza un valor determinado en el circuito, se genera una descarga del condensador y el ciclo vuelve a repetirse.

1.22 Situación actual

1.22.1 Espacio físico

El proyecto se elaborará en los laboratorios de electrónica de Cisco en el campus sur de la sede Quito de la Universidad Politécnica Salesiana.

Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur

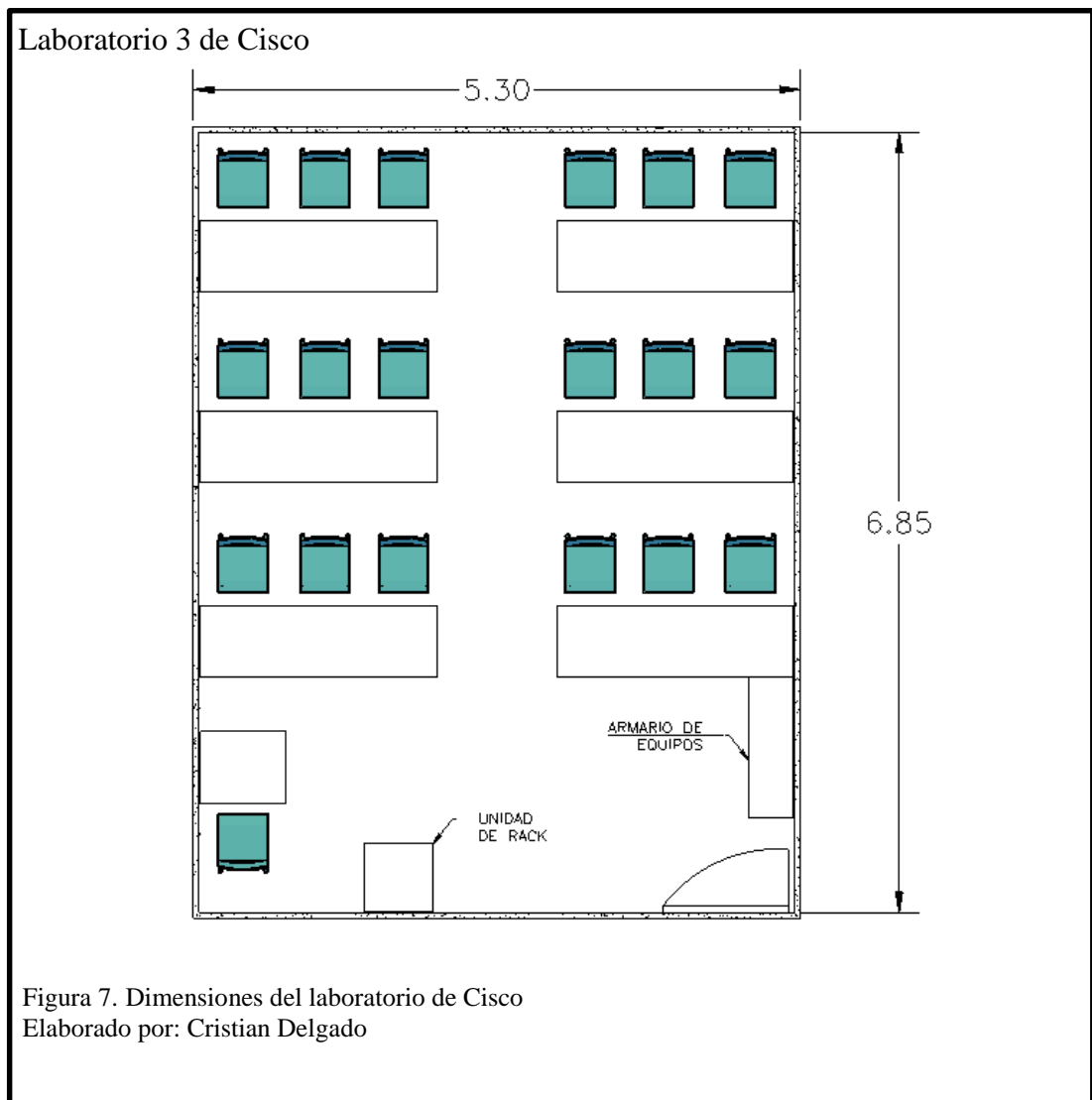


Figura 6. Quito, Ubicación del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana
Fuente: Google Maps

1.22.2 Laboratorio de cisco.

Características

Está ubicado en el edificio bloque D su distribución es de dos plantas en el cual está conformado por los laboratorios de Cisco, SUN, Microsoft, auditorio, para el desarrollo del proyecto técnico se utilizará el laboratorio 3 de Cisco, el mismo que está ubicado en la planta baja. Este laboratorio posee un rack de pared de 12 UR, tiene aproximadamente un área de 35.62 m², además de tener 19 puestos de trabajo con 18 computadoras.



En la figura 7 se muestra el área donde se procederá a implementar el inhibidor de señal, cabe mencionar que el access point se instalará en la unidad de rack.

Punto de acceso

Es punto de acceso de la marca Cisco, modelo Aironet 2602I.

Tabla 3.

Características técnicas del Punto de acceso

Frecuencia de operación	2,4 GHz, 5 GHz
Potencia de transmisión	22 dBm (160 mW)
Ganancia de las antenas	4 dBi, omnidireccional
Interfaces RJ-45	10/100/100 BASE-T (auto censado)
Dimensiones	22.1x 22.1x5.5 (cm)
Peso	2.3 lbs.
Temperatura de operación	0 a 40 °C
Alimentación eléctrica	44 a 57 VDC (Poe)

Nota: Elaborado por Cristian Delgado

Estructura de la red.

El sistema de distribución principal se conecta al rack ubicado en laboratorio 3 mediante fibra óptica a una velocidad de transmisión de 1Gbps, el cableado horizontal desde aquí da servicio por medio de UTP a una velocidad de transmisión de 100Mbps a todos los laboratorios de Cisco, BLADE, SUN, y Auditorio. La topología que se utiliza en esta red, es de tipo estrella extendida.

1.22.3 Redes virtuales en el campus.

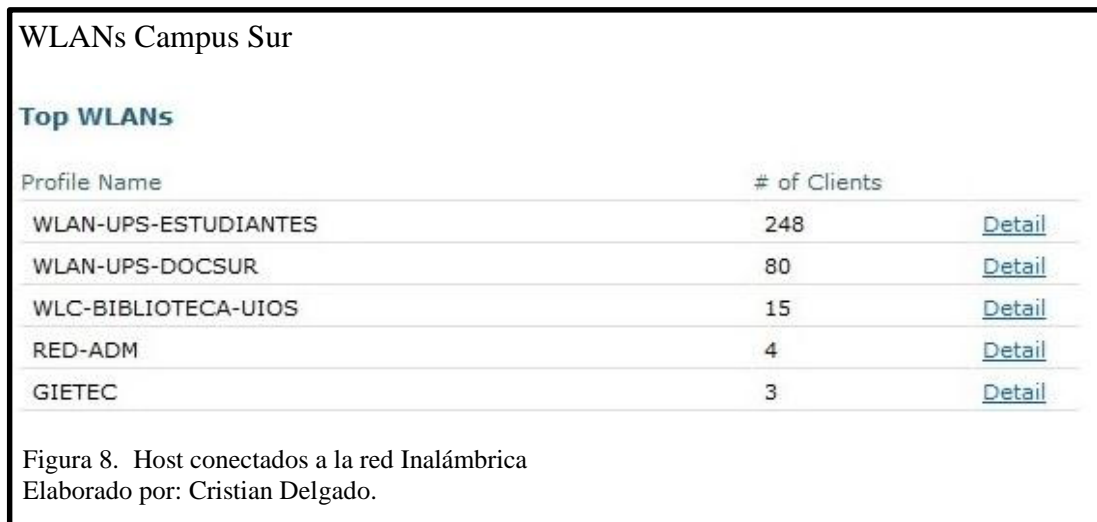
Actualmente el campus dispone de 32 redes virtuales o Vlan. Las Vlans de interés son la Vlan5 que corresponde a Cisco, y la Vlan10 que corresponde al WIRELESS.

Tabla 4.
Sistema de distribución de redes virtuales campus sur

VLAN5 - CISCO	172.17.39.254 /23
VLA10-WIRELESS	172.17.211.254/22

Nota: Elaborado por Cristian Delgado

El número de usuarios en la Red Inalámbrica general del campus Sur.

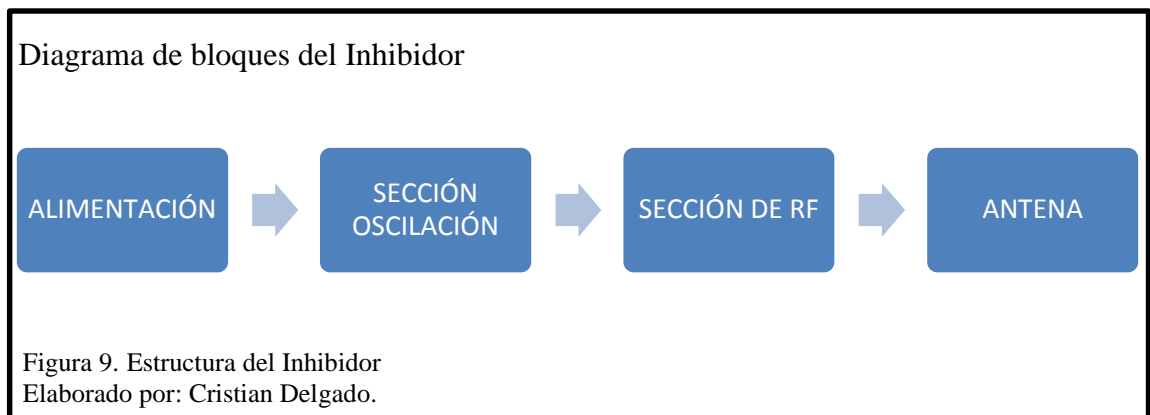


Capítulo 2

En el presente capítulo contiene todas las características y parámetros necesarios para realizar el diseño de cada etapa del inhibidor y los cálculos correspondientes para el desarrollo del mismo.

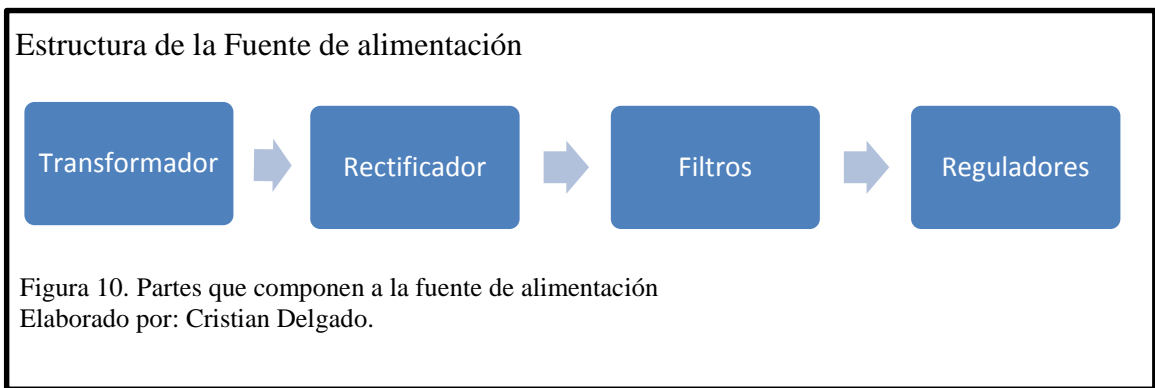
2.1 Diseño del inhibidor.

Para el diseño del inhibidor de señal se las separó en 4 etapas así como es la alimentación del inhibidor, sección de oscilación, sección de RF y finalmente la antena, para evitar tener problemas al momento de la implementación.



2.2 Alimentación

Este tipo de alimentación se realiza por una toma de corriente de 110 V a 60 Hz, puesto que el oscilador y la sección de radio frecuencia necesitan una alimentación DC entre 5 y +-12 VDC. La estructura de sección de alimentación es:



2.2.1 Transformador

Se utiliza un transformador con toma central de 110/24 v, lo que da un voltaje de salida entre los secundarios del transformador de 24 V y con referencia a tierra se tiene un voltaje de salida de 12v.

$$V_m = 24.2 \text{ V}$$

2.2.2 Rectificación.

Esta etapa del circuito está constituida por un puente de diodos que convierten a la señal de corriente alterna a continua. El voltaje pico rectificado es igual, al voltaje pico de la tensión AC, menos dos veces la tensión de los diodos.

$$V_{max} = V_m \sqrt{2} - 1.4 \quad (2.1)$$

$$V_{max} = 24.2 \sqrt{2} - 1.4 = 32.82 \text{ V}$$

2.2.3 Filtrado

Esta etapa es la encargada de reducir el rizo de la DC pulsante producida por el puente de diodos, lo que se necesita es tener a la salida una señal de voltaje DC lo más continua posible.

2.2.3.1 Elección del capacitor.

$$C = \frac{I}{(2F)(V_{max})} \quad (2.2)$$

V_{max} = Tensión pico a pico

F= Frecuencia de la red

C= Capacitancia del condensador filtro

I= Intensidad de corriente continua que circula por la carga.

$$C = \frac{5(1A)}{(120 \text{ Hz})(32.82V)} = 1269.55 \text{ uF}$$

2.2.3.2 Los valores comerciales se tienen condensadores:

Condensadores comerciales

Capacitores electrolíticos					
uF	uF	uF	uF	uF	uF
0.1	1	10	100	1000	10000
0.12	1.2	12	120	1200	12000
0.22	2.2	22	220	2200	22000
0.33	3.3	33	330	3300	33000
0.47	4.7	47	470	4700	47000
0.56	5.6	56	560	5600	56000

Figura 11. Tabla de Condensadores
Fuente: tecnicoreparacion.blogspot.com

Para el presente trabajo a partir del cálculo realizado se obtuvo capacitores aproximados al calculado:

- C = 2200 uF

- **C = 4700 uF**

Se debe considerar que un capacitor de mayor capacitancia no solo reduce el rizo sino también el amperaje.

Es así que se optó por dos capacitores de:

$$C = 4700 \text{ uF a } 25 \text{ V}$$

Así también a la salida de los reguladores se colocó capacitores de 100 uf y 100 nf en paralelo para el desacople de ruidos de alta frecuencia

Tabla 5.

Elementos electrónicos de la fuente de alimentación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Transformador AC/DC	1
Capacitor 4700 uf a 50 V	2
Capacitor 100 uf a 50 V	3
Capacitor 100 nf	5
Resistencias de ¼ w	3
Diodos Led	3
Regulado LM 7812 (1.5A)	1
Regulado LM 7912 (1.5A)	1
Regulado LM 7805 (1.5A)	1
Bloque de terminales de 3 entradas	2
Bloque de terminales de 4 entradas	1
Puente de diodos de 1.5 A	1
Disipador de calor	1
Toma corriente	1
Interruptor	1
Porta Fusible	1
Jack para DC	1
Fusible 0.5 A	1

Nota: Elaborado por Cristian Delgado.

2.2.4 Regulación.

Para la fuente de ± 12 y 5 VDC se utilizó reguladores como LM7812, LM7805 y

LM7912 respectivamente los cuales dan un voltaje fijo para la alimentación de las etapas de inhibidor.

2.3 Cálculo del fusible para el circuito:

$$V1/V2 = I2/I1 \quad (2.3)$$

Donde:

V1= Voltaje del Primario

V2= Voltaje del Secundario

I1= Corriente del Primario

I2= Corriente del Secundario

Despeje de I1

$$\frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1}$$

$$I1 = I2 \frac{V2}{V1}$$

$$I1 = 1A \frac{24 V}{120 V}$$

$$I1 = 0,2A$$

Se multiplica por un factor de 125 % que recomienda la UL

$$I1 = 0,2 \times 1.25$$

$$I1 = 0,25 A$$

Se escoge un fusible de 0,5 A

2.4 Sección de generador de onda triangular

Para el diseño del circuito se escogió la técnica de jamming por barrido ya que se desea bloquear todo el espectro de frecuencia de 2,4 GHz, por lo que las técnicas de jamming

de banda angosta, parcial y tiempo compartido fueron omitidas por que bloquean solo ciertos canales del espectro los cuales son fijos. La técnica de jamming por seguimiento también fue descartada por su complejidad de diseño de la etapa de rastreo y triangulación de la señal. Haciendo hincapié en el VCO, es que dependiendo del voltaje a su entrada, será la frecuencia de oscilación a su salida, es decir se necesita aplicar continuamente un voltaje en la entrada para generar una frecuencia de oscilación en la salida.

Para el control del VCO se necesita de un conjunto de componentes que generen una señal triangular y que el voltaje permita al VCO hacer el barrido en el espectro de 2.4 GHz y así poder bloquear la señal inalámbrica de Wi-Fi se utilizará una frecuencia de 2.8 KHz para el barrido, ya que a está frecuencia el bloqueo del espectro de 2.4 GHz es uniforme, es decir impide que la señal transmitida por el punto de acceso sea captada por los dispositivos inalámbricos.

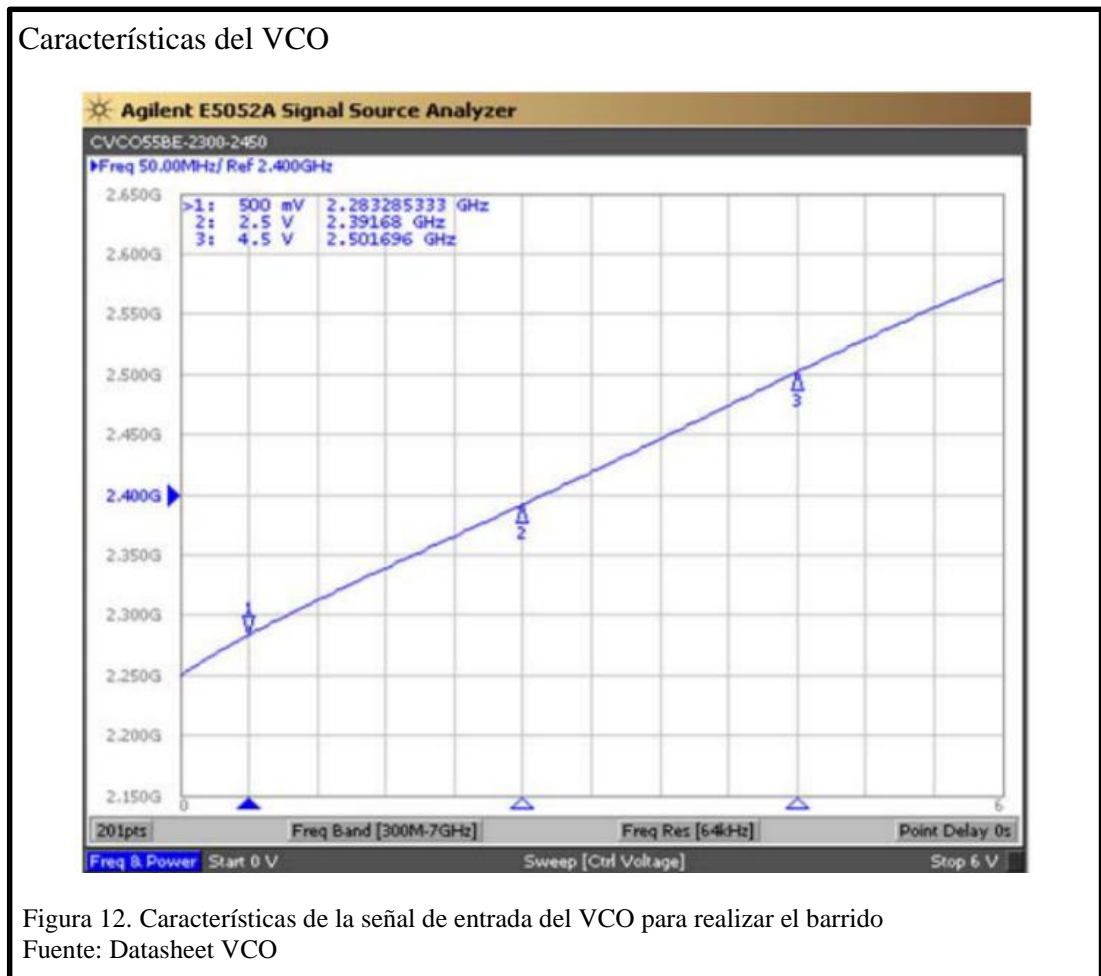
Para esta etapa se seleccionó un ICL-8038 que es un generador de ondas de precisión y la onda que se necesita es la de la señal triangular por su simetría, los parámetros de la amplitud del voltaje que entrega en ICL8038 son de acuerdo a las características del VCO ya que a partir de 2,5 VDC comienza el barrido en 2,4 GHz y para controlar la frecuencia de barrido se realizó mediante un potenciómetro que dependen directamente de un capacitor de 4,7 uF para calcular la frecuencia de oscilación ver la ecuación (2.4)

$$f = \frac{0.33}{RC} \quad (2.4)$$

$$f = \frac{0.33}{(4,7k\Omega)(4,7nF)}$$

$$f = 15 \text{ KHz}$$

Para bloquear el espectro se ajustó la frecuencia con el método prueba error, ya que no hay un cálculo que especifique a que frecuencia se debe realizar el barrido, puesto que el mismo no debe ser ni muy rápido ni muy lento para bloquear el espectro de 2,4 GHz.



2.5 Circuito sumador no inversor

Es así que se adecuó el circuito sumador no inversor, con un amplificador operacional TL082 para controlar un offset de 2,5V, se suma un voltaje de +/- 12 VDC y la señal triangular que proviene del ICL 8038

Circuito sumador no inversor

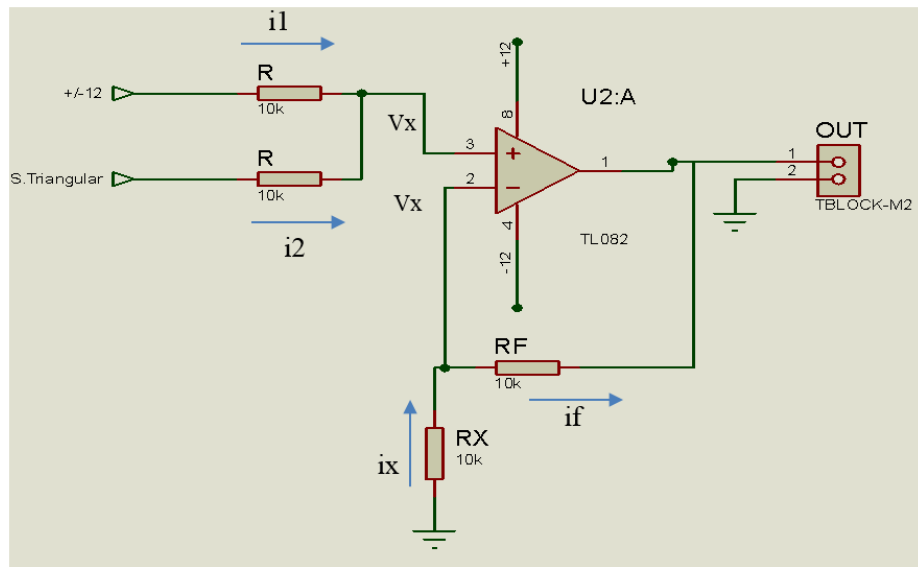


Figura 13. Circuito acoplado para el ICL8038
Elaborado por: Cristian Delgado

2.6 Cálculos del circuito sumador no inversor:

Leyes de corriente de Kirchhoff en la terminal inversora.

$$i_x = i_f \quad (2.5)$$

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

Despejo V_x :

$$V_x = V_o \frac{R_x}{R_x + R_f} \quad (2.6)$$

Leyes de corriente de Kirchhoff en la terminal inversora.

$$i_1 + i_2 = 0 \quad (2.7)$$

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

Despejo V_x :

$$V_x = V_o \frac{R_x}{R_x + R_f}$$

$$V_x = \frac{V_1 - V_2}{2} \quad (2.8)$$

Se iguala la ecuación (2.4) y (2.5)

$$V_o \frac{R_x}{R_x + R_f} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$V_o = \frac{R_x + R_f}{2R_x} (V_1 + V_2) \quad (2.9)$$

Si, $R_f = R_x$;

$$V_o = (V_1 + V_2) \quad (2.10)$$

$$V_o = (2.5V + 2V_p)$$

Por lo tanto se obtiene un sumador no inversor de ganancia unitaria de 2.5 VDC de offset y 2 VDC de amplitud de la señal triangular.

Tabla 6.

Elementos electrónicos del generador de onda triangular

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
ICL 8038	1
Capacitor 100 nf	1
Capacitor 4.7 nf	1
Resistencias de ¼ w	8
Diodos 1N4148	1
Potenciómetro Logarítmico	3
Potenciómetro Lineal	3
Circuito Integrado TL082	1
Bloque de terminales de 3 entradas	2
Bloque de terminales de 2 entradas	1

Nota: Elaborado por Cristian Delgado

2.7 Selección del VCO

La base del presente proyecto es el oscilador controlado por voltaje, se realizó una comparación entre características técnicas para escoger la mejor opción y considerando la disponibilidad de compra.

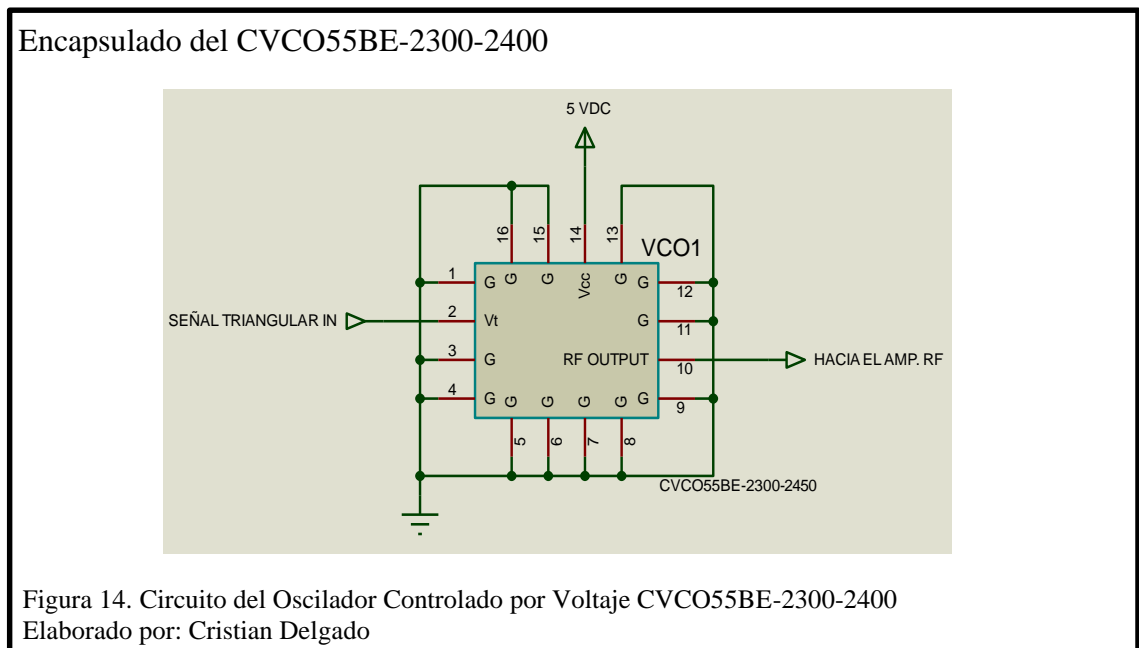
Tabla 7.

Características eléctricas de los VCO

Características	Unidad	OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE (VCO)		
		CVCO55BE-2300-2400	CVCO55BE-2400-2500	DCRO230253-10
Marca	-	CRYSTEK	CRYSTEK	SYNERGY
Frecuencia Oscilación	MHz	2300-2450	2400-2500	2300-2530
Tensión de Sintonización	VDC	0.5-4.5	0-3	0.5-12
Tensión de Alimentación	VDC	4.75-5.25	2.85-3.15	10
Potencia de salida	dBm	+2.0 - + 6.0	-3.0-+3.0	+5.0
Corriente Operación	mA	29	20	40
Impedancia	Ω	50	50	50
Sensibilidad De Sintonización	MHz/V	56	65	26-34

Nota: Elaborado por Cristian Delgado.

La mejor opción para el diseño es el CVCO55BE-2300-2400, puesto que ofrece un barrido más exacto es decir se acopla más a la necesidad de bloquear el espectro de 2.4 GHz, además su disponibilidad de compra, esta característica se la puede apreciar de mejor manera e la gráfica de la tensión de sintonización que está en los datasheet correspondientes de cada VCO.



En comparación con los dos VCO, la ganancia de salida del CVCO55BE-2300-2400 es aceptable. Cabe recalcar que las disponibilidades de los VCO restantes no son muy accesibles en el país, es así que se necesita importar el VCO.

2.8 Selección del amplificador de RF.

Para esta etapa se consideró las características del espacio físico, así como las características de potencia que tiene el punto de acceso inalámbrico del laboratorio de Cisco.

2.8.1 Mediciones de potencia

Antes de especificar la etapa de amplificación se hizo la medición de la potencia que se necesita llegar para poder interceptar una señal de Wi-Fi, para ello se utilizó un software llamado inSSIDer 2.0. El punto de acceso inalámbrico ubicado en el laboratorio de Cisco está operando en el canal 1, con una potencia aproximada de -45 dBm aproximadamente, a este valor hay que restarle los 5dBi que proporciona la antena de la portátil, así que el objetivo será diseñar un prototipo que emita a más de -50 dBm de potencia. Ver figura 15.

Medición de la Potencia de Transición del Punto de Acceso

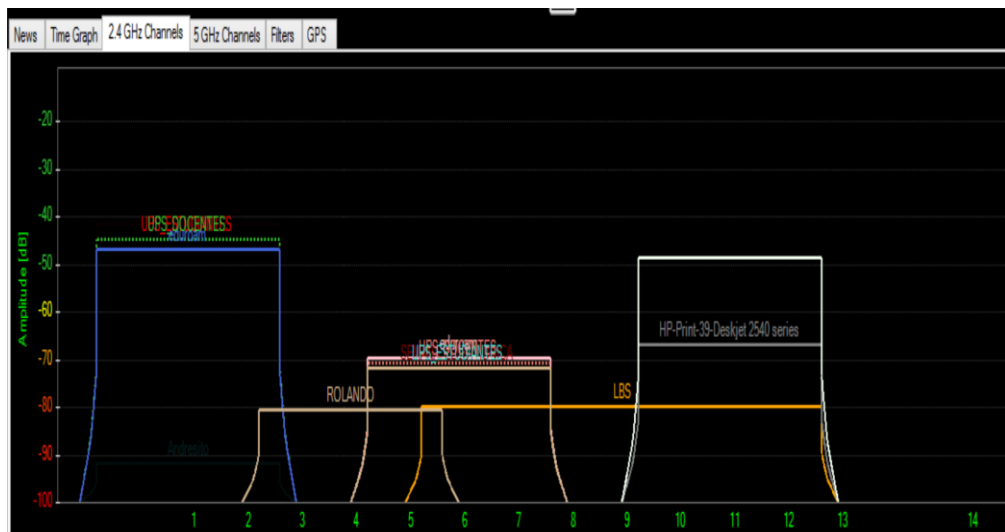


Figura 15. Captura de la potencia transmitida por punto de acceso y canal de transmisión.
Fuente: inSSIDer 2.0

Teniendo en cuenta la potencia que se necesita, se escogió el tipo de amplificador que reúna las características para el inhibidor haciendo una comparación costo beneficio entre el diseño de un amplificador o comprar una ya construido, puesto que los circuitos integrados y ciertos elementos electrónicos necesarios para el diseño del amplificador RF no se encuentra disponibles en el país y disponer de ellos resulta demasiado costoso.

Tabla 8.
Características de los Amplificadores RF

Características	Unidad	Amplificadores RF 2.4 GHz		
		EDUP EP-AB003	ZX60-2531M	N/A
Marca	-	N/A	MINI-CIRCUITS	TechInTheBox
Frecuencia Operación	MHz	2400-2500	500-2500	2400-2500
Potencia de entrada	dBm	3-20	10	5-20
Potencia de salida	dBm	39	18.2	33
Tensión de Alimentación	VDC	12	5	5
Impedancia	Ω	50	50	50
Tiempo de entrega	Días	± 30	± 30	± 20
Características externas	-	NO	SI	NO
COSTO	Dólares	120	135	120

Nota: Elaborado por Cristian Delgado

Al realizar la comparación con respecto al ZX60-2531M ofrece características óptimas para el desarrollo pero es necesario realizar ciertos arreglos con elementos electrónicos de los cuales no todos se tienen alcance en el país y esto genera un costo muy alto.

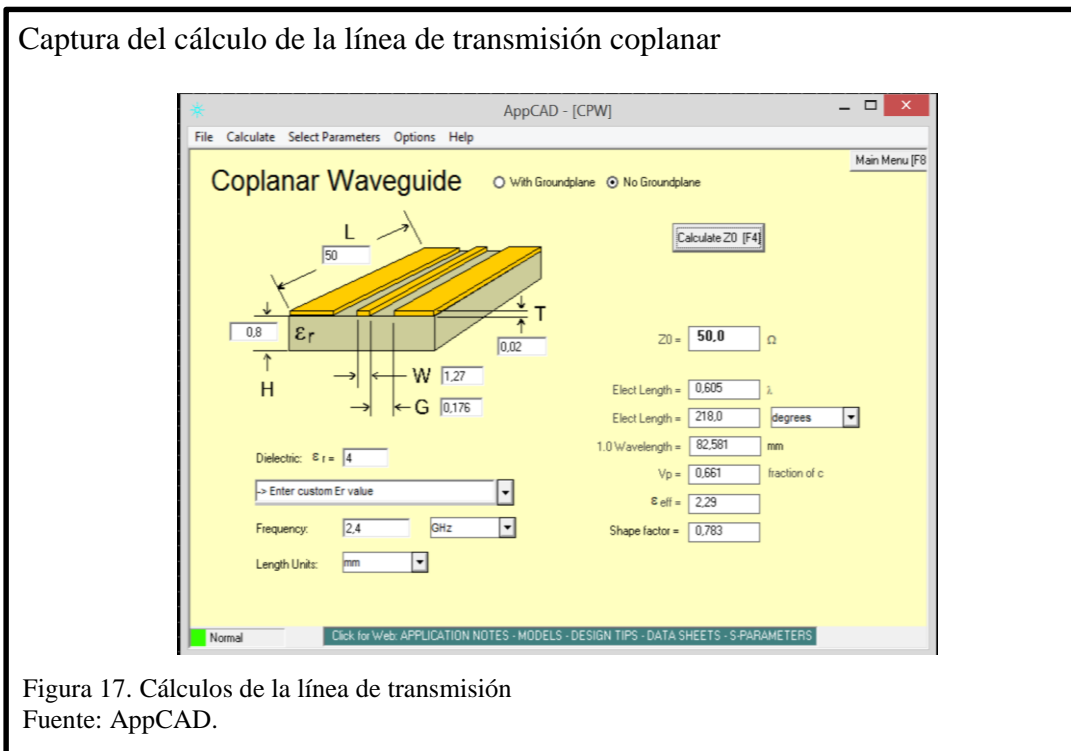
Haciendo la comparación resulta mejor comprar un dispositivo ya construido para el propósito del inhibidor, ya que el diseñar el amplificador RF, constituye cierto nivel de complejidad y disponer de todos los elementos específicos se convierte en un problema para continuar en el desarrollo de proyecto. En esta comparación se tiene dos amplificadores que se acoplan a las necesidades sin embargo no se escogió el modelo de TechIntheBox ya que la entrada de potencia mínima es mayor 5dbm para empezar a funcionar y por características del VCO la salida es de potencia es de 3dbm, así que se optó por el amplificador EDUP EP-AB003 que admite una potencia de entrada de 3dbm como mínima.

El dispositivo adquirido se muestra en la Figura 16.



2.9 Línea de transmisión y antena

La línea de transmisión es de tipo coplanar porque el CVCO55BE-2300-2400 es de montaje superficial y gran número de sus terminales van conectados al plano tierra. Las dimensiones de la línea para lograr un acoplamiento a 50Ω se muestra en Figura 17.



El dieléctrico empleado para la placa del circuito es fibra de vidrio.

Las características de dicho material son las siguientes:

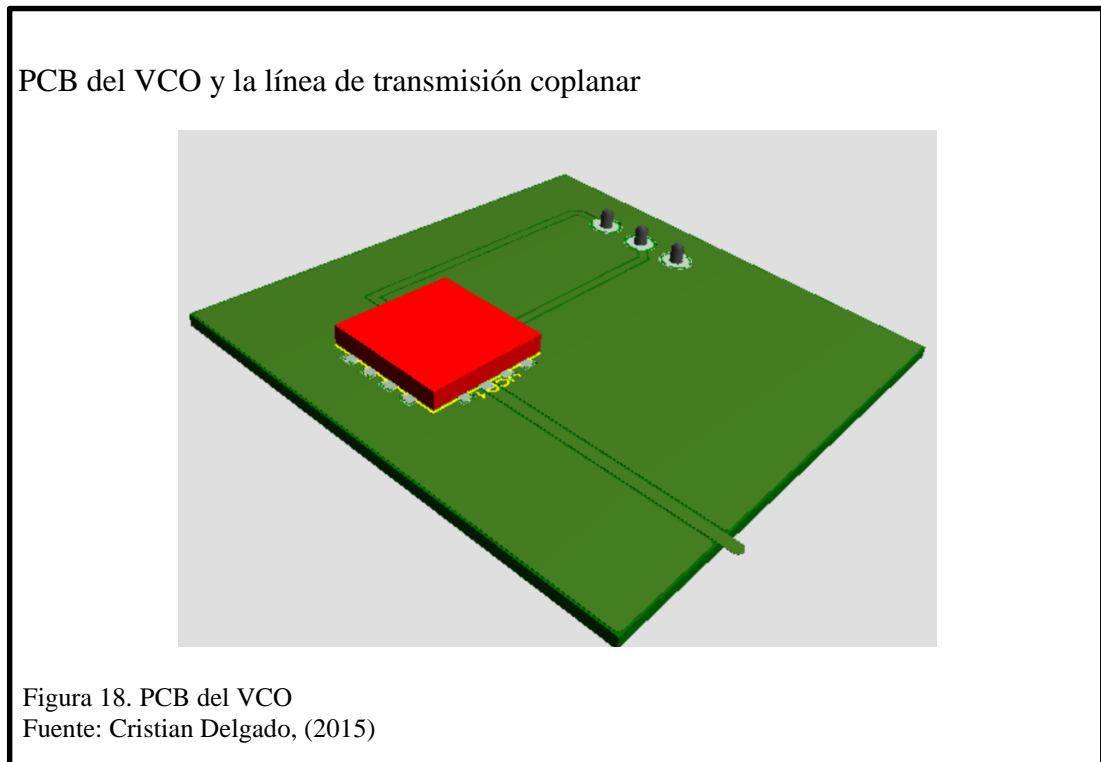
- Permitividad relativa de 4
- Altura de 0,8 mm.
- Impedancia característica de 50Ω .

En la Figura 17 se puede ver que la frecuencia, la constante dieléctrica y la altura del dieléctrico del material son parámetros importantes para obtener las dimensiones de

W y G que garanticen la transferencia de energía.

El funcionamiento de programa AppCAD consiste en:

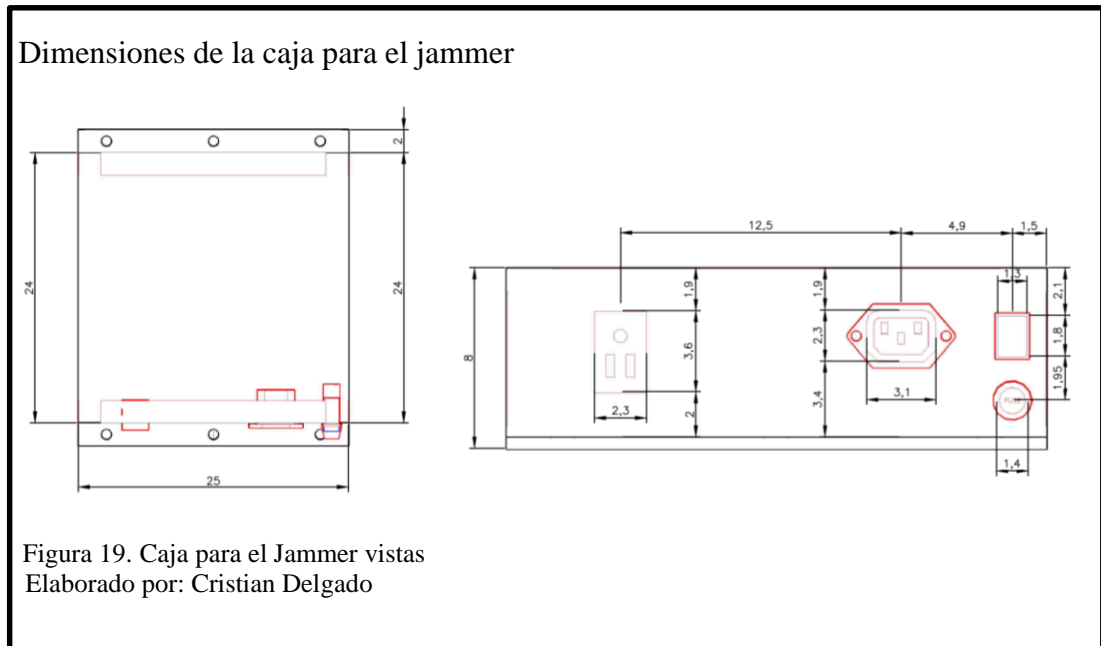
Es necesario ingresar los parámetros de: H = altura del dieléctrico, T = altura del conductor, L = ancho de la línea de transmisión, establecer la constante dieléctrica del material y la frecuencia a la cual se va a trabajar. EL proceso para realizar esta placa fue crear en Proteus el oscilador controlado por voltaje para poder realizar la PCB de la línea de transmisión. Ver Figura 18.



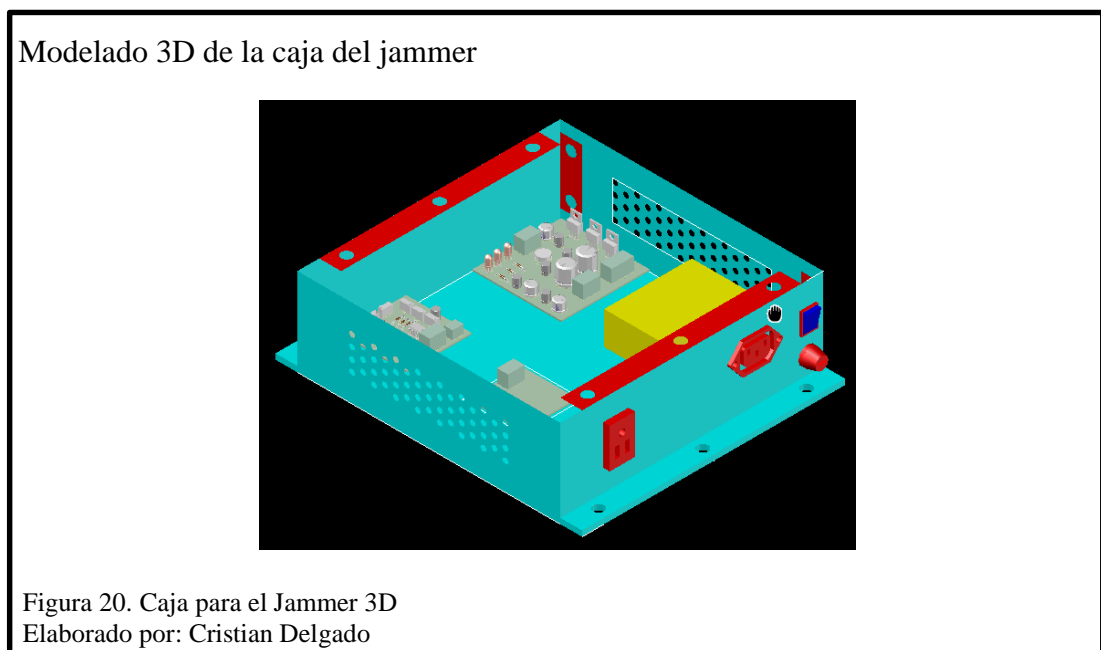
La antena que se utiliza viene incluida con el amplificador RF seleccionado, es una antena de 6 dBi, omnidireccional que es ideal para el diseño del jammer, sin embargo a la salida el amplificador RF se puede variar la antena, esto depende directamente de los resultados que se desea obtener.

2.10 Diseño de la caja para el jammer

Una vez definido todos las PCBs de los circuitos correspondientes de cada una de las etapas se diseñó la caja, utilizando el software AutoCAD 2015.



Las características internas se modelaron en 3D para tener un alto nivel de precisión como se muestra en la figura 20.

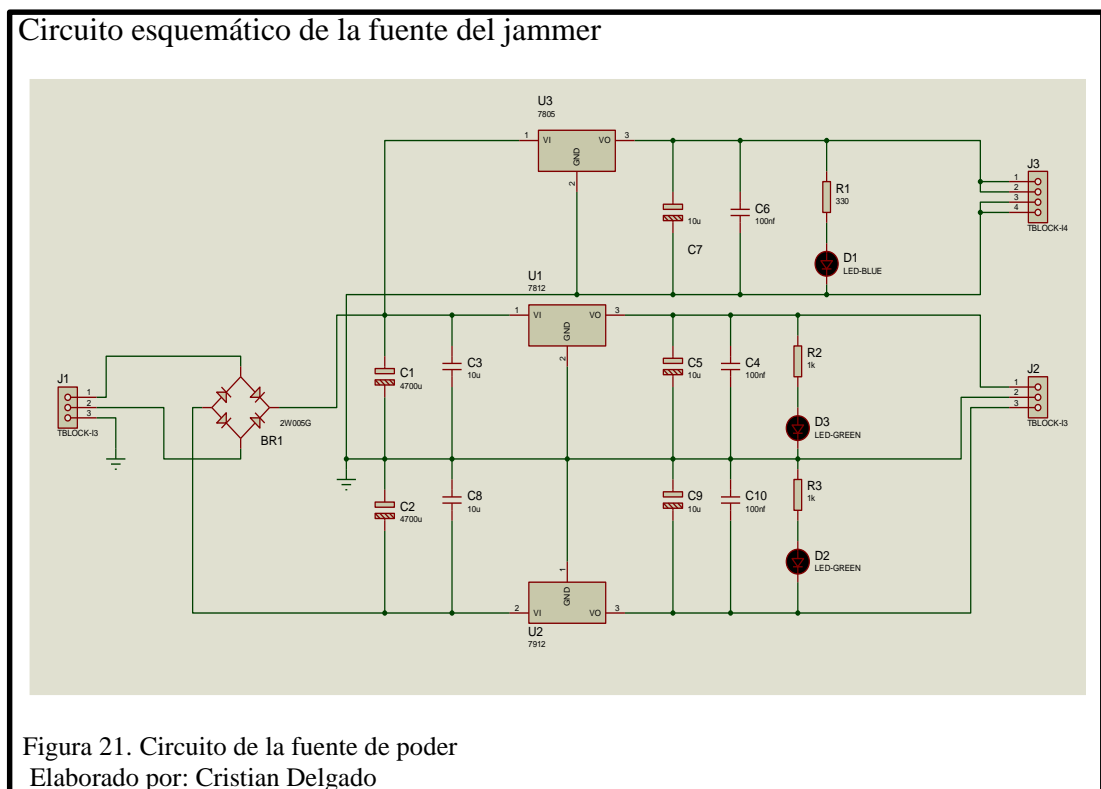


Capítulo 3

Este capítulo contiene toda la información correspondiente a la simulación de cada una de las etapas del inhibidor de señal además muestra la implementación de las placas y elementos de conexión en la caja del jammer.

3.1 Esquema de la fuente de poder

Se construyó una fuente de voltaje de ± 12 VDC para alimentar el circuito que genera la señal triangular y de 5 VDC para alimentar el oscilador controlado por voltaje, la fuente del amplificador RF es externa al diseño puesto que al adquirir el equipo bien incluido su adaptador de poder que es de 12 VDC a 2A.



Simulación de la fuente de poder.

Voltajes de la fuente de alimentación

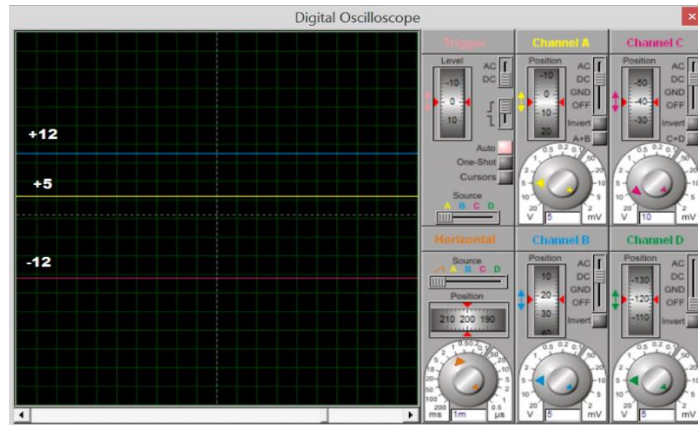


Figura 22. Simulación de la fuente de poder
Fuente: Proteus 7.9.

Los resultados obtenidos en la simulación de la etapa de alimentación para el jammer se trataron de obtener voltajes lo más lineales posibles como se muestra en la figura 22, con respecto a las pruebas realizadas en protoboard no hubo mayor variación en los voltajes con respecto a la simulación.

Se construyó la PCB una vez hecha las pruebas en el protoboard.

PCB (Printed Circuit Board) de la fuente del jammer

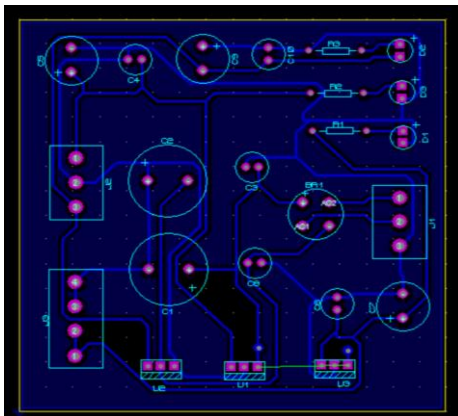


Figura 23. Placa de Circuito Impreso de la fuente de poder
Elaborado por: Cristian Delgado

3.2 Esquema del circuito generador de onda triangular

Para esta etapa se adecuo el circuito acorde a las especificaciones del fabricante del circuito integrado ICL8038, y se adecuo un sumador no inversor para obtener un offset regulable para realizar un barrido en el espectro de 2,4 GHz.

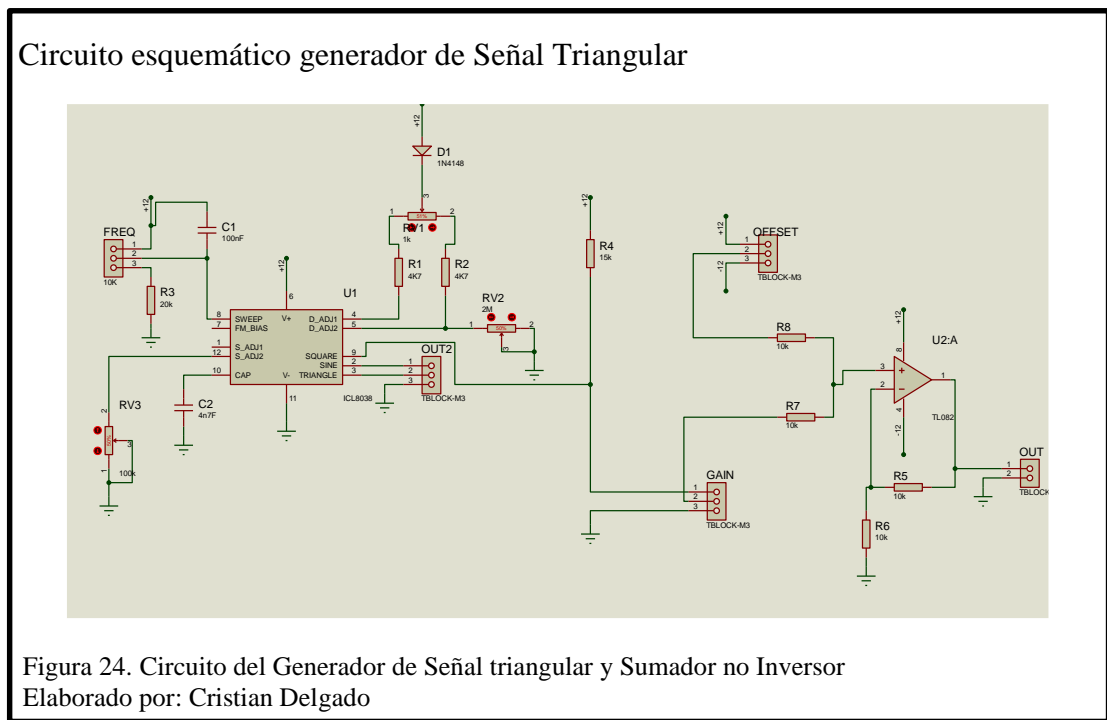


Figura 24. Circuito del Generador de Señal triangular y Sumador no Inversor
Elaborado por: Cristian Delgado

Los resultados de la simulación de la señal triangular se puede ver en la figura 25

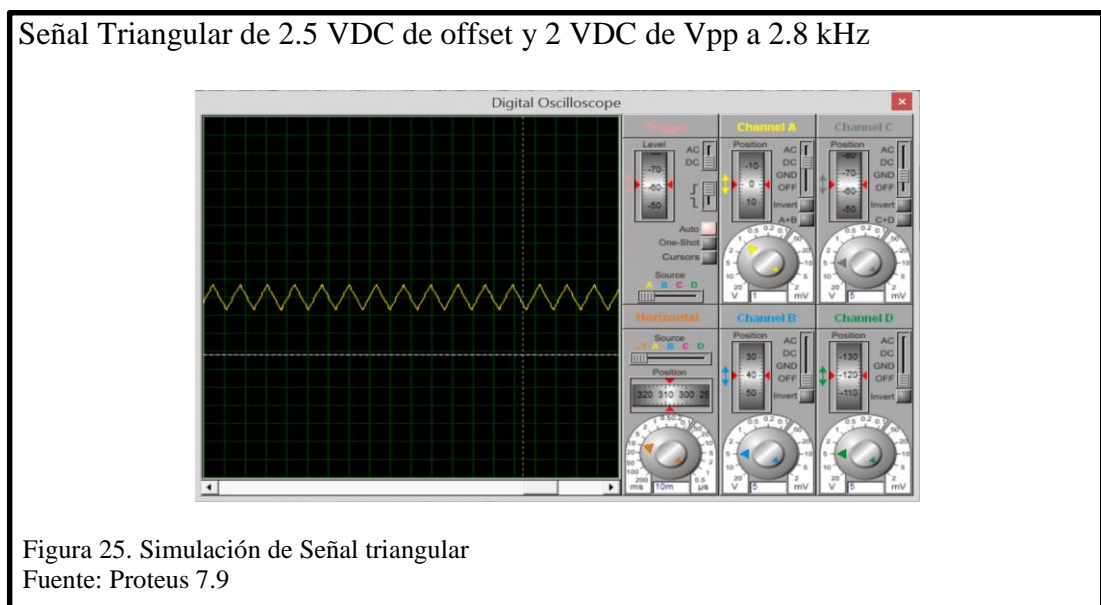
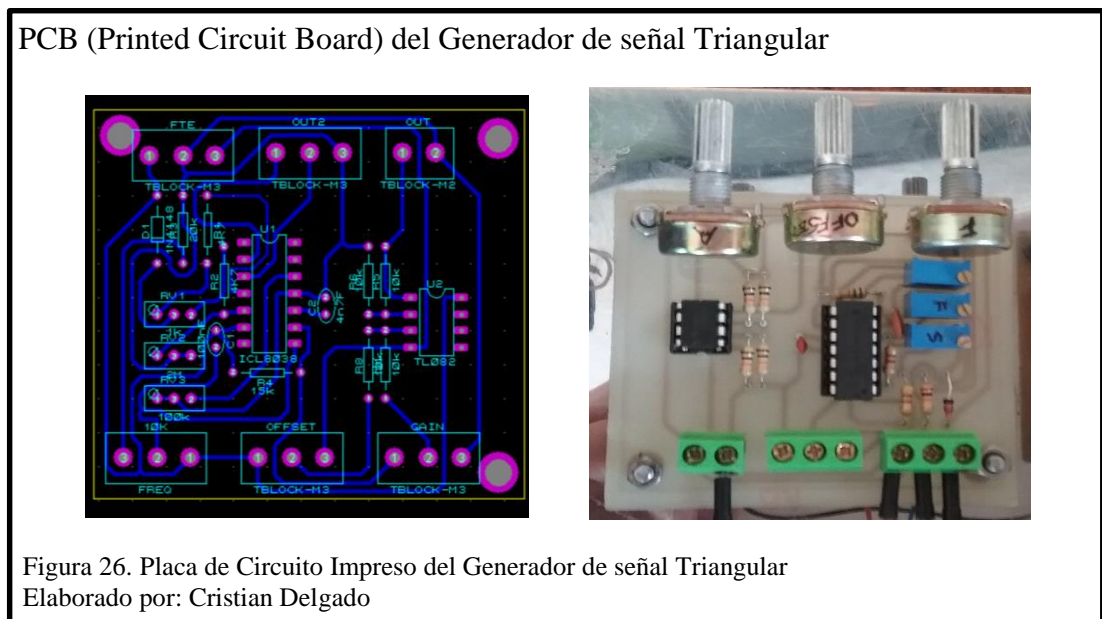


Figura 25. Simulación de Señal triangular
Fuente: Proteus 7.9

Como se observa en la simulación la señal triangular es simétrica que y el voltaje de offset se controla bastante bien estos son los dos parámetros más importantes para el correcto funcionamiento del jammer, sin embargo en la práctica se obtiene ciertas variaciones ya que el integrado ICL8038 es un genérico, es decir la precisión del control de la frecuencia de barrido varía dependiendo del fabricante del ICL8038. Se construyó la PCB una vez hecha las pruebas en el protoboard.



3.3 Esquema del oscilador controlado por voltaje.

Acorde a los requerimientos para el diseño del inhibidor de señal se escogió el CVCO55BE-2300-2400 para hacer el barrido en el espectro de 2.4 GHz, este oscilador no se encontraba disponible en las librerías en el Proteus.

Para realizar la PCB ni la simulación es así que se optó por crear el encapsulado del VCO, además se estableció los parámetros para la línea de transmisión ver figura 17.

PCB (printed circuit board) del VCO

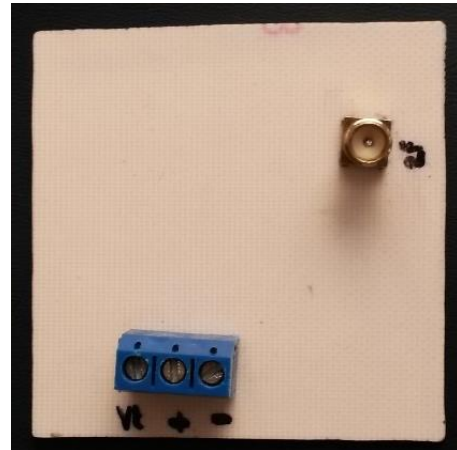
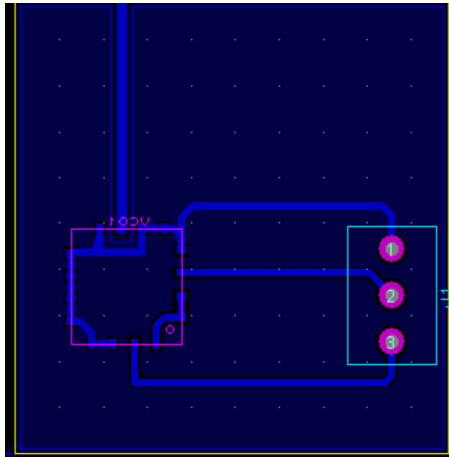


Figura 27. PCB del VCO
Elaborado por: Cristian Delgado

3.4 Implementación de las placas y elementos de conexión.

Se colocó las placas correspondientes a la fuente de poder, generador de onda triangular y el oscilador controlado por voltaje y demás accesorios para la puesta en marcha del jammer como se muestra en la figura 28.

Cada placa electrónica se sujetó por pernos así también los conectores externos, para el conexionado interno con respecto a las parte de potencia se utilizó cable 18 AWG, y cable 22 AWG para la parte de bajo voltaje.

El material de fabricación de la caja es acero niquelado, se escogió este material por el bajo costo y la durabilidad del mismo.

Caja con los componentes internos

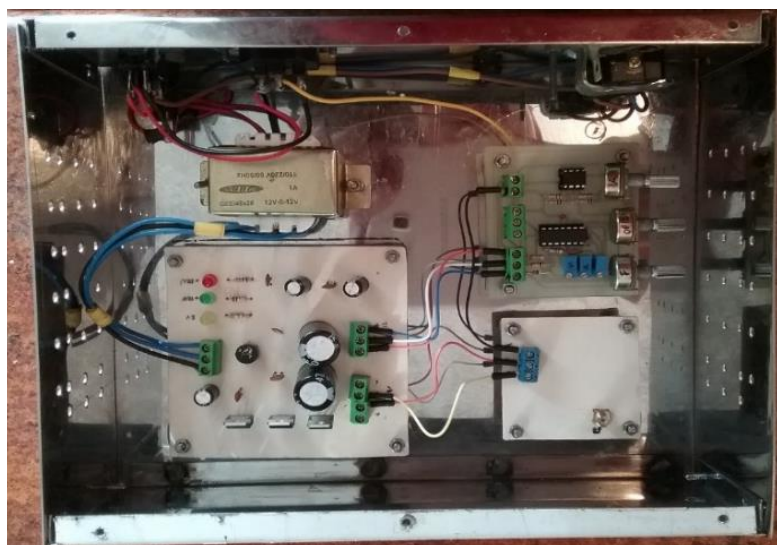


Figura 28. Caja Jammer
Elaborado por: Cristian Delgado

Finalmente la caja con todas las conexiones se muestra en la figura 29.

Caja con las conexiones completas



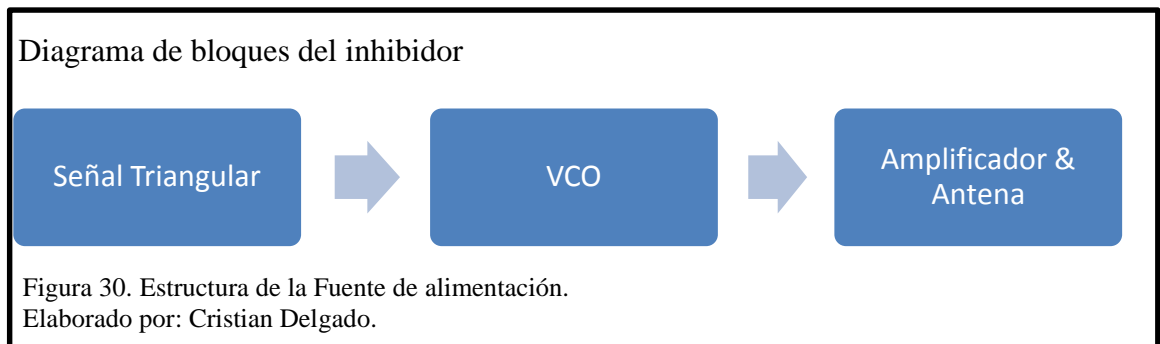
Figura 29. Caja Terminada
Elaborado por: Cristian Delgado.

Capítulo 4

4.1 Pruebas de cada una de las etapas del inhibidor de señal.

Una vez construido y simulado las etapas se proceden a medir y ver los resultados.

Primero se realiza las pruebas sin amplificador tan solo la salida de potencia del VCO de 2300-2400 MHz.



A la entrada del VCO se introduce la señal triangular a una frecuencia de 2.8 KHz ya que como no existe un cálculo que se pueda definir a que frecuencia se debe realizar el barrido, se tuvo que hacer prueba y error hasta bloquear el espectro de Wi-Fi y una señal triangular de 2.5 VDC de offset y 2 VDC de amplitud.

Se ubicó la antena emisora a 1.5 metros del punto de acceso de Internet, se comprobó cómo el barrido emite una señal de -33dBm, impidiendo que los dispositivos como celular y portátiles se conecten a punto de acceso.

Figura de los voltajes de la señal triangular y barrido del VCO

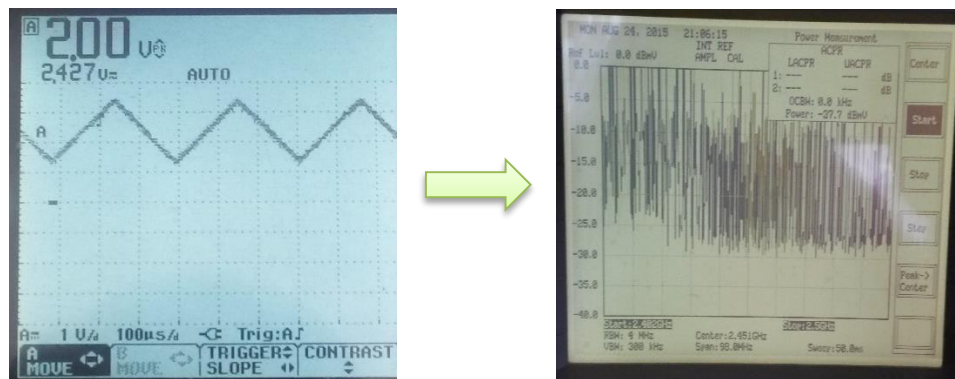


Figura 31. Señal triangular inyectada la VCO y barrido en el espectro 2.4GHz
Elaborado por: Cristian Delgado.

Una vez conectado el amplificador RF se procedió a realizar las pruebas correspondientes en el laboratorio 3 de Cisco, esto proceso se lo realizó mediante una tabla donde muestra la distancia que es posible bloquear la señal con respecto al punto de referencia donde esté ubicado el jammer.

Tabla 9.

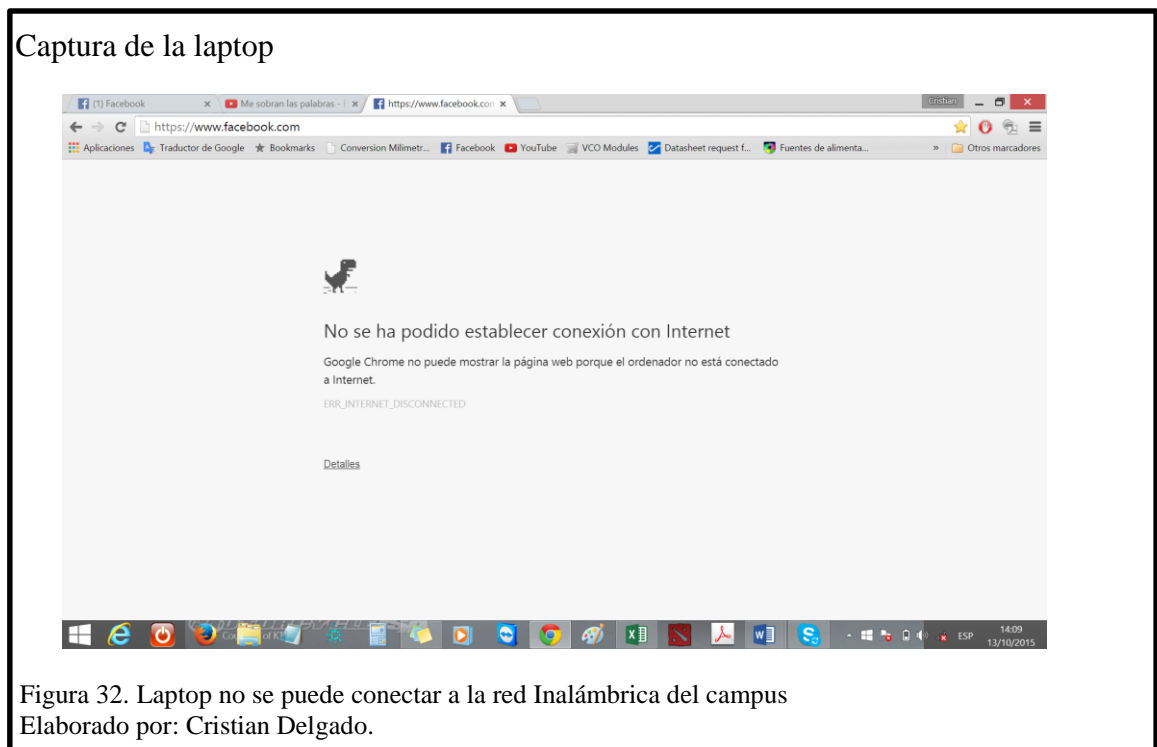
Tabla de la distancia de cobertura del Jammer

	DISTANCIA [m]			
	5	10	15	20
Bloquea	*			
No Bloquea		*	*	*

Nota: Elaborado por Cristian Delgado.

El bloqueo de la señal depende mucho de la potencia del jammer, puesto que en todo el campus se tiene una sofisticada infraestructura de repetidores y antenas sectoriales con potencia superior a la del jammer dificulta mucho bloquear todo el espectro dentro del laboratorio.

Se puede ver en la figura 32 que el jammer bloquea el espectro dentro del laboratorio, a varios dispositivos dentro del mismo, cabe recalcar que el jammer funciona únicamente para el espectro de 2.4 GHz, puesto que el campus posee antenas tramiten a 5 GHz y el jammer pierde protagonismo, esta es una limitación importante para el jammer, sin embargo el diseño del jammer es escalable es decir se podría reemplazar el VCO a un rango de frecuencia que abarque hasta los 5 GHz.



Las pruebas se realizaron variando parámetros correspondientes a la frecuencia a 3 KHz de la señal triangular y su amplitud de 2.5 VDC, así también se utilizó una antena de 3 dBi y se observó que la cobertura del jammer disminuyó considerablemente a 3 m con respecto a la ubicación del jammer y existían periodos de tiempo donde había una abertura que no se veía afectada por el jammer.

Captura del dispositivo móvil



Figura 33. Capturas de las redes en Cisco encendido el jammer y apagado
Fuente: Wifi Analyzer

Como se observa en la figura 33 tiene dos escenarios, el primero muestra todos los SSID (Service Set Identifier) que son captados por los dispositivos móviles cuando el inhibidor de señal está apagado se puede apreciar la potencia y el canal en el que se está transmitiendo la señal, una vez encendido el inhibidor todos los SSID desaparecen ya que el jammer hace un barrido por todo el espectro de 2.4 GHz que impide a los dispositivos móviles conectarse.

4.2 Presupuesto

En el presupuesto constan los valores de los materiales necesarios para el desarrollo del jammer, Ver anexo 1.

Conclusiones

- El objetivo principal fue cumplido ya que de acuerdo con lo planteado se logró el diseño y la implementación de un dispositivo capaz de bloquear el espectro de 2.5 GHz.
- Una vez analizadas las técnicas de jamming se concluye que la técnica de barrido es ideal para interferir todos los canales presentes en el espectro de 2.4 GHz, ya que actúa de manera eficiente en los sistemas de modulación FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum) que utilizan los puntos de acceso Cisco, sin embargo se debe considerar que el barrido debe ser tan rápido que evite que la señal enviada sea bloqueada.
- La etapa más importante del jammer es el oscilador controlado por voltaje sin embargo el VCO depende de la señal de entrada, cuyos parámetros de frecuencia y amplitud deben ser fijados de manera precisa para bloquear el espectro de 2.4 GHz.
- Uno de los aspectos importantes en el diseño del jammer es la potencia y la ganancia de la antena, ya que al mejorar estas características el rango de cobertura del jammer aumenta y así se logra bloquear a mayores dispositivos.
- El jammer tiene una limitación importante en cuanto al bloqueo de la señal, ya que la infraestructura de la universidad fue actualizada con nuevos puntos de acceso que transmiten a 5 GHz y la potencia de cobertura es muy alta y el jammer no está diseñado para este espectro ya que el estudio de campo se lo realizó con los antiguos puntos de acceso que transmitían a 2.4 GHz y su potencia era limitada.
- Uno de los resultados es el área de cobertura, que es de aproximadamente 5 metros respecto a la ubicación del jammer, esto se debe a factores como la

potencia del jammer versus la potencia de los puntos de acceso del campus y también los materiales empleados para diseño de las placas, esto hace que la calidad del diseño se vea afectada considerablemente e impide obtener resultados óptimos.

- El jammer podría modificarse para trabajar en 5 GHz agregándole un VCO, esto se lo podría realizar para trabajos a futuro y llevando la misma técnica.

Recomendaciones

- Es necesario realizar un estudio técnico de los materiales a usar en el diseño del jammer ya que en el país es muy difícil adquirir ciertos materiales para el desarrollo del jammer.
- Para mejorar el rendimiento del jammer se puede sumar ruido a la señal que ingresa al VCO para aumentar la potencia del jammer.
- Para futuros diseños se debe considerar el escenario más crítico, para que el diseño cumpla con el objetivo que es bloquear la señal en un área determinada.
- Para obtener mejores resultados al diseñar un jammer se podría usar elementos electrónicos de precisión en la etapa más crítica que es el generar la señal triangular.
- Para crear una línea de transmisión tipo coplanar se recomienda trabajar con materiales de alta calidad pues es sumamente importante saber las características técnicas de la placa de cobre para realizar un diseño óptimo.

Lista de referencias

- Coughlin. (2001). *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales* (3 ed.). MEXICO, MEXICO DISTRITO FEDERAL: Prentice Hall.
- Fernando M, V. A. (11 de 05 de 2015). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de Notas de clase antenas: www.upv.es
- Nashelsky, B. (2011). *Teoria de circuitos y dispositivos electrónicos* (8 ed.). Nueva York, ESTADOS UNIDOS: Pearson.
- Richard, P. (2004). *Modern communications jamming principles and techniques*. Boston: Artech house.
- Tomasi. (2001). *Electronic communications system* (8 ed.). New Yersey: Prentice hall.

Anexos

Anexo 1. Presupuesto

Componentes	Cant.	Unidad	Precio unt.	Precio
VCO-2300-2400	2	EA	\$ 60,0	\$ 120,00
Conector SMA para PCB macho	1	EA	\$ 2,00	\$ 2,00
Amplificador RF	1	EA	\$ 150,00	\$ 150,00
Terminal de Borneras Triple	5	EA	\$ 0,35	\$ 1,75
Terminal de Borneras Doble	4	EA	\$ 0,25	\$ 1,00
Baquelita	1	EA	\$ 5,50	\$ 5,50
Cloruro Férrico	3	EA	\$ 0,95	\$ 2,85
Brocas 5mm	5	EA	\$ 0,50	\$ 2,50
Cautín	1	EA	\$ 10,00	\$ 10,00
Estaño	1	EA	\$ 5,00	\$ 5,00
Pomada	1	EA	\$ 7,00	\$ 7,00
Marcador Indeleble	2	EA	\$ 1,00	\$ 2,00
Diodos Led	3	EA	\$ 0,10	\$ 0,30
Capacitor electrolítico 4700 uf/25V	2	EA	\$ 1,15	\$ 2,30
Capacitor electrolítico 100 uf/50V	3	EA	\$ 0,20	\$ 0,60
Capacitor cerámico 100 nf	5	EA	\$ 0,10	\$ 0,50
Capacitor cerámico 4.7 nf	1	EA	\$ 0,10	\$ 0,10
Resistencias de carbón de 1/4W	11	EA	\$ 0,02	\$ 0,23
Puente de Diodos 1 A	1	EA	\$ 0,50	\$ 0,50
Cable DC	1	EA	\$ 2,50	\$ 2,50
Jack para DC	1	EA	\$ 0,65	\$ 0,65
Transformador 12V, 1A	1	EA	\$ 6,83	\$ 6,83
LM7812	1	EA	\$ 0,60	\$ 0,60
LM7912	1	EA	\$ 0,60	\$ 0,60
LM7805	1	EA	\$ 0,60	\$ 0,60
ICL 8038	1	EA	\$ 10,00	\$ 10,00
Diodo 1N4148	1	EA	\$ 2,00	\$ 2,00
Potenciómetro Logarítmico	3	EA	\$ 0,35	\$ 1,05
Potenciómetro Lineal	3	EA	\$ 0,50	\$ 1,50
Círculo Integrado TL082	1	EA	\$ 3,00	\$ 3,00
Zócalo de 14 pins	1	EA	\$ 0,14	\$ 0,14
Zócalo de 8 pins	1	EA	\$ 0,12	\$ 0,12
Construcción de Caja	1	EA	\$ 35,00	\$ 35,00
Pernos y Tuercas	50	EA	\$ 0,02	\$ 1,00
Toma corriente	1	EA	\$ 2,50	\$ 2,50
Interruptor	1	m	\$ 1,00	\$ 1,00
Cable 18 AWG	1	m	\$ 0,20	\$ 0,20
Cable 22 AWG	1	Pck	\$ 5,00	\$ 5,00
Silicona	1	EA	\$ 3,00	\$ 3,00
Terminales de conexión	1	EA	\$ 0,10	\$ 0,10
Mano de obra	1	Días	\$ 300	\$ 300,00
Gastos varios	1	N/A	\$ 100	\$ 100,00
			TOTAL	\$ 791,52