



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES**  
**Y REDES**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE**  
**SEÑAL DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL LABORATORIO DE LA FIE**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

**AUTOR: EDGAR WLADIMIR LOPEZ CASPI**

**TUTOR: ING. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA.**

Riobamba-Ecuador

2016

**@2016, Edgar Wladimir López Caspi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación con el tema “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO INHIBIDOR DE SEÑAL DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL LABORATORIO DE LA FIE”, de responsabilidad de Edgar Wladimir López Caspi, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Miguel Tasambay Ph.D		
<b>DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
<b>DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES</b>	_____	_____
Ing. Oswaldo Martínez G. MsC.		
<b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
Ing. Pedro Infante.		
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____

“Yo Edgar Wladimir López Caspi, soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”.

---

Edgar Wladimir López Caspi

## **DEDICATORIA**

A:

Dios, por darme la oportunidad de estar vivo, y guiarme día a día y así lograr mis objetivos, y por haber puesto a cada una de las personas quienes fueron un soporte importante en mi vida además por su infinito amor y bondad.

Mis padres amados Luis López y Martha Caspi, por darme la vida ser mi apoyo incondicional en toda mi educación, y en mi vida, a ellos por creer en mí, a mi hija Catalina ella fue la razón y motivo para yo poder seguir adelante, ella fue mi motor de vida y el aliento que necesito, a ellos les dedico todo mi esfuerzo y tiempo el cual no pase junto a ustedes.

A mis hermanos, Oscar y Araceli, por ser mi ejemplo a seguir y ver y preocuparse por mí.

A mis amigos ya que con ellos he compartido muchas experiencias, a lo largo de mi carrera, recuerdos inolvidables los cuales se quedan en el corazón.

**Edgar**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino correcto hasta ahora, a mis padres quienes a lo largo de mi vida me han apoyado, creyeron en mí en todo momento, Papa, Mama, gracias por la enseñanza que me dieron gracias por el sacrificio que hicieron por mí, y mis hermanos si hay algo que se hacer bien eso se los debo a ustedes,

A mi hija Catalina, eres lo mejor que tengo en mi vida, gracias por existir, gracias por el amor incondicional que me brindas.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por su paciencia y enseñanza, y finalmente gracias a esta prestigiosa universidad la cual nos abrió las puertas preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A mi Tutor y Asesor que con sus conocimientos, orientaciones y sobre todo paciencia ayudaron a que sea posible el desarrollo del presente trabajo.

**Edgar**

## TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
<b>PORTADA</b>	
<b>DERECHO DE AUTOR.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>INDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>SUMARY.....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1. MARCO TEORICO.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Tecnología móvil celular .....</b>	<b>4</b>
<i>1.1.1. Evolución de la telefonía móvil.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.1. Primera generación (1G) .....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.2. Segunda Generación (2G).....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.3. Tercera Generación (3G) .....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.4. Cuarta generación (4G) .....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.2. Técnicas de acceso múltiple .....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.2.1. Técnica FDMA.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.2. Técnica TDMA.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.3. Técnica CDMA.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.3. Fundamentos de un sistema de telefonía celular.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.3.1. Componentes de un sistema celular .....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.3.2. Elementos de un sistema celular .....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.4. Red GSM .....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.4.1. Funcionamiento de la red GSM.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.4.2. Arquitectura de la red GSM .....</i>	<i>14</i>
<i>1.1.5. Bandas de frecuencia de la red GSM.....</i>	<i>16</i>

1.2.	Telefonía celular en el ecuador.....	17
1.3.	Modelos de propagación.....	18
1.3.1.	<i>Modelo Okunura-Hata</i> .....	19
1.3.2.	<i>Modelo para interiores (ITU)</i> .....	20
1.4.	Línea de transmisión.....	20
1.4.1.	<i>Líneas de trasmisión planas</i> .....	21
1.4.2.	Línea coplanar.....	21
1.5.	Antena.....	22
1.5.1.	<i>Parámetros de antenas</i> .....	23
1.5.2.	<i>Tipos de antenas</i> .....	24
1.6.	Concepto de <i>jamming</i> .....	26
1.6.1.	<i>Estrategias de bloqueo</i> .....	26
1.6.2.	<i>Técnicas para aumentar la eficiencia del bloqueo</i> .....	27
1.6.2.1.	<i>Look-Through</i> .....	27
1.6.2.2.	<i>Potencia compartida</i> .....	28
1.6.2.3.	<i>Tiempo compartido</i> .....	28
1.7.	Normativa.....	28
1.	MARCO METODOLÓGICO.....	32
1.8.	Estrategias de <i>jamming</i> .....	32
1.8.1.	<i>Jamming por ruido</i> .....	33
2.1.1.1.	<i>Jamming por ruido de banda ancha</i> .....	33
2.1.2.	<i>Jamming por ruido parcial</i> .....	34
2.1.3.	<i>Jamming por ruido de banda angosta</i> .....	34
2.2.	Jamming por pulsos.....	35
2.3.	Jamming por barrido.....	35
2.4.	Jamming por seguimiento.....	36
2.5.	<i>Jamming por tonos</i> .....	37
2.6.	<i>Jamming inteligente</i> .....	37
2.7.	Clasificación de los <i>jammers</i> .....	37
2.7.1.	<i>Jammer constante</i> .....	37
2.7.2.	<i>Jammer de engaño</i> .....	38
2.7.3.	<i>Jammer aleatorio</i> .....	38
2.7.4.	<i>Jammer reactivo</i> .....	38
2.8.	Elección del tipo y técnica <i>jammer</i> .....	39
2.9.	Requerimientos y parámetros del sistema.....	39
2.9.1.	<i>Requerimientos de usuario</i> .....	39



2.9.2.	<i>Requerimientos de hardware</i> .....	40
2.9.3.	<i>Requerimiento de software</i> .....	43
2.9.3.1.	<i>Diagrama esquemático del jammer</i> .....	44
2.9.3.2.	<i>Fuente de alimentación</i> .....	45
2.9.3.3.	<i>Circuito de sintonizador</i> .....	49
2.9.3.4.	<i>Generadores de señales</i> .....	49
2.9.4.	<i>Acondicionamiento de la señal</i> .....	53
2.9.4.1.	<i>Curva característica de salida</i> .....	54
2.9.5.	<i>Etapas de radiofrecuencia (RF)</i> .....	55
2.9.5.1.	<i>Oscilador controlado por voltaje (VCO)</i> .....	56
2.9.5.2.	<i>Líneas de transmisión</i> .....	63
2.10.	<b>Simulación del jammer</b> .....	66
2.10.1.	<i>Simulación: sección de alimentación</i> .....	66
2.10.2.	<i>Simulación: sección de Oscilación</i> .....	66
2.10.3.	<i>Simulación: sección de radio frecuencia</i> .....	68
3.	<b>MARCO DE RESULTADOS</b> .....	71
3.1.	<b>Implementación del Prototipo</b> .....	71
3.2.	<b>Proceso de fabricación del inhibidor</b> .....	74
3.2.1.	<i>Construcción de la sección de alimentación y oscilación</i> .....	74
3.3	<b>Construcción del prototipo</b> .....	78
3.4.	<b>Pruebas de funcionamiento</b> .....	79
3.5.	<b>Pruebas del área de cobertura</b> .....	82
3.6.	<b>Análisis con respecto al cuarto objetivo específico</b> .....	86
3.7.	<b>Análisis económico del proyecto</b> .....	98
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	100
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	101
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Distribución de frecuencias y asignación de canales GSM-900 .....	16
<b>Tabla 1-2</b>	Distribución de frecuencias y asignación de canales GSM-1900 .....	17
<b>Tabla 1-3</b>	Asignación .....	17
<b>Tabla 2-1</b>	Características de los circuitos reguladores .....	47
<b>Tabla 2-2</b>	Tipos y características de los generadores de señal .....	49
<b>Tabla 2-3</b>	Esquema de conexiones XR-2206.....	53
<b>Tabla 2-4</b>	Características del transistor 2N2222. ....	54
<b>Tabla 2-5</b>	Características de los VCO's.....	57
<b>Tabla 2-6</b>	Relación entre el voltaje sintonizador y la frecuencia de salida POS-1060 .....	60
<b>Tabla 2-7</b>	Relación en el voltaje sintonizador y la frecuencia de salida POS-2000 .....	61
<b>Tabla 2-8</b>	Asignación de frecuencias (Plan Nacional de Frecuencias MINTEL). ....	62
<b>Tabla 2-9</b>	Tipos y características de las antenas .....	64
<b>Tabla 2-10</b>	Parámetros teóricos del XR-2206.....	67
<b>Tabla 3-1</b>	Pruebas de funcionamiento para la operadora claro. ....	83
<b>Tabla 3-2</b>	Pruebas de funcionamiento para la operadora claro. ....	84
<b>Tabla 3-3</b>	Docentes que utilizan dispositivo móvil.....	86
<b>Tabla 3-4</b>	El uso de teléfonos móviles en clase afecta a los estudiantes .....	87
<b>Tabla 3-5</b>	Tiempo que observa información en su teléfono móvil.....	87
<b>Tabla 3-6</b>	Colocar un dispositivo que interfiera la señal celular .....	88
<b>Tabla 3-7</b>	Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio .....	89
<b>Tabla 3-8</b>	En este instante usted tiene un teléfono celular .....	89
<b>Tabla 3-9</b>	Qué operadora utiliza para su dispositivo celular .....	90
<b>Tabla 3-10</b>	Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil .....	91
<b>Tabla 3-11</b>	Estudiantes que utilizan teléfono móvil.....	92
<b>Tabla 3-12</b>	El uso de teléfonos móviles en hora de clase afecta su atención y rendimiento....	92
<b>Tabla 3-13</b>	Cada que tiempo utiliza su dispositivo móvil en horas de clase .....	93
<b>Tabla 3-14</b>	Aceptaría que se coloque un dispositivo que interfiera la señal celular .....	94
<b>Tabla 3-15</b>	Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio .....	94
<b>Tabla 3-16</b>	Usted tiene un teléfono celular .....	95
<b>Tabla 3-17</b>	Qué operadora utiliza para su dispositivo celular .....	96
<b>Tabla 3-18</b>	Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil .....	96
<b>Tabla 3-19</b>	Precios elementos sección de alimentación .....	98

<b>Tabla 3-20</b>	Precios elementos etapa de oscilación.....	98
<b>Tabla 3-21</b>	Precio elementos de la sección RF.....	99
<b>Tabla 3-22</b>	Costo total del proyecto.....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Distribución de celdas de transmisión .....	5
<b>Figura 1-2</b>	Estructura general de un sistema celular .....	10
<b>Figura 1-3</b>	Representación gráfica de una celda .....	11
<b>Figura 1-4</b>	Distribución de celdas dependiendo área geográfica .....	12
<b>Figura 1-5</b>	Funcionamiento de la topología de la red GSM .....	14
<b>Figura 1-6</b>	Arquitectura red GSM .....	16
<b>Figura 1-7</b>	Geometría de una línea microcinta o microstrip .....	21
<b>Figura 1-8</b>	Línea coplanar .....	22
<b>Figura 1-9</b>	Dipolo de media onda y dipolo plegado de media onda.....	25
<b>Figura 2-1</b>	Operación de jammer de banda ancha .....	33
<b>Figura 2-2</b>	Operación de jammer de banda parcial .....	34
<b>Figura 2-3</b>	Funcionamiento del <i>Jammer</i> por barrido .....	36
<b>Figura 2-4</b>	Potencia recibida en el laboratorio de la FIE .....	41
<b>Figura 2-5</b>	Diagramas de bloques del <i>jammer</i> .....	45
<b>Figura 2-6</b>	Diagramas de bloques de la sección de oscilación .....	46
<b>Figura 2-7</b>	Diagrama de bloques del generador monolítico de funciones XR 2206.....	51
<b>Figura 2-8</b>	Configuración utilizada para el XR-2206. ....	52
<b>Figura 2-9</b>	Curva característica de $I_c$ vs $V_{ce}$ para el transistor 2N222 .....	55
<b>Figura 2-10</b>	Diagrama de bloques de la etapa RF.....	56
<b>Figura 2-11</b>	Diagrama $V_{dc}$ vs Frecuencia del VCO POS-1060 .....	60
<b>Figura 2-12</b>	Diagrama $V_{dc}$ vs Frecuencia del VCO POS-2000A.....	62
<b>Figura 2-13</b>	Patrón de radiación .....	65
<b>Figura 2-14</b>	Conector RP-SMA de montaje superficial.....	65
<b>Figura 2-15</b>	Fuente de alimentación .....	66
<b>Figura 2-16</b>	Configuración de parámetros en el generador de funciones .....	67
<b>Figura 2-17</b>	Resultados de la etapa offset.....	68
<b>Figura 2-18</b>	Dimensiones de la línea de transmisión .....	69
<b>Figura 2-19</b>	Diseño de la línea de transmisión en 3D .....	70
<b>Figura 2-20</b>	Simulación de $S_{11}$ y $S_{21}$ .....	70
<b>Figura 3-1</b>	Circuito Generador de onda triangular.....	72
<b>Figura 3-2</b>	Salida del Circuito Generador de onda triangular visualizada en el osciloscopio	72
<b>Figura 3-3</b>	Etapa de offset .....	73
<b>Figura 3-4</b>	Salida del circuito etapa de <i>offset</i> .....	73
<b>Figura 3-5</b>	Implementación la sección de alimentación.....	74
<b>Figura 3-6</b>	Parte posterior y delantera del circuito generador de señal. ....	75

<b>Figura 3-7</b>	Parte posterior y delantera del circuito para adecuar la señal.....	75
<b>Figura 3-8</b>	Pistas para el circuito de la sección RF.....	76
<b>Figura 3-9</b>	Parte delantera de la placa RF para 850MHz y 1900MHz.....	76
<b>Figura 3-10</b>	Parte inferior del Prototipo inhibidor.....	77
<b>Figura 3-11</b>	Parte superior del Prototipo inhibidor.....	77
<b>Figura 3-12</b>	Distribución de placas electrónicas en la carcasa.....	79
<b>Figura 3-13</b>	Carcasa para el montaje del prototipo.....	79
<b>Figura 3-14</b>	Analizador de espectros marca ANRITSU.....	80
<b>Figura 3-15</b>	Distribución de la energía a lo largo del rango de frecuencias.....	80
<b>Figura 3-16</b>	Distribución de la energía a lo largo del rango de frecuencias.....	81
<b>Figura 3-17</b>	Análisis de la señal 2G con el jammer encendido.....	81
<b>Figura 3-18</b>	Análisis de la señal 3G con el jammer encendido.....	82
<b>Figura 3-19</b>	Ubicación de radio bases en referencia al laboratorio de la fie.....	82
<b>Figura 3-20</b>	Área de cobertura del inhibidor para la red movistar.....	84
<b>Figura 3-21</b>	Área de cobertura del inhibidor para la red claro.....	84
<b>Figura 3-22</b>	Celulares sin cobertura de la operadora Claro.....	85
<b>Figura 3-23</b>	Celulares sin cobertura de la operadora Movistar.....	85
<b>Figura 3-24</b>	Docentes que utilizan dispositivo móvil.....	86
<b>Figura 3-25</b>	El uso de teléfonos móviles en clase afecta a los estudiantes.....	87
<b>Figura 3-26</b>	Tiempo que observa información en su teléfono móvil.....	88
<b>Figura 3-27</b>	Colocar un dispositivo que interfiera la señal celular.....	88
<b>Figura 3-28</b>	Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio.....	89
<b>Figura 3-29</b>	En este instante usted tiene un teléfono celular.....	90
<b>Figura 3-30</b>	Qué operadora utiliza para su dispositivo celular.....	90
<b>Figura 3-31</b>	Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil.....	91
<b>Figura 3-32</b>	Estudiantes que utilizan teléfono móvil.....	92
<b>Figura 3-33</b>	El uso de teléfonos móviles en hora de clase afecta su atención y rendimiento..	93
<b>Figura 3-34</b>	Cada que tiempo utiliza su dispositivo móvil en horas de clase.....	93
<b>Figura 3-35</b>	Aceptaría que se coloque un dispositivo que interfiera la señal celular.....	94
<b>Figura 3-36</b>	Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio.....	95
<b>Figura 3-37</b>	Usted tiene un teléfono celular.....	95
<b>Figura 3-38</b>	Qué operadora utiliza para su dispositivo celular.....	96
<b>Figura 3-39</b>	Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil.....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	<b>Datasheet XR-2206</b>
<b>Anexo 2</b>	<b>Datasheet Transistor 2N2222</b>
<b>Anexo 3</b>	<b>Datasheet POS-1060</b>
<b>Anexo 4</b>	<b>Datasheet POS-2000+</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación diseño e implementación de un prototipo inhibidor de señal de telefonía móvil caso práctico en el laboratorio de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. El prototipo desarrollado se lo conoce como jammer el cual tiene como finalidad bloquear las señales en frecuencia de la telefonía celular. Para el desarrollo del prototipo funcional se utilizó el método comparativo para la elección de materiales electrónicos tales como osciladores controlados por voltaje, generadores de onda triangular, resistencias, condensadores, potenciómetros, y por medio de un análisis se realizó una clasificación que nos ayudó a elegir correctamente los materiales electrónicos adecuados. Además se realizó las respectivas simulaciones del dispositivo en el software Proteus 8 para la etapa de alimentación, regulación y adaptación de la señal triangular, para la etapa de radio frecuencia se utilizó el software Ansoft 3.5, esto nos ayudó para obtener aproximaciones en consumo energético, y la elección de nuestra línea de transmisión para la sección de radio frecuencia. Se obtuvo excelentes resultados en cuanto al área de cobertura que tiene el dispositivo, para comprobar el funcionamiento y área de cobertura del prototipo se utilizaron cuatro equipos celulares, dos para la operadora claro y dos para la operado movistar obteniendo así un alcance de 2.50m para claro con el 100% de bloqueo en los dos equipos celulares probados y un alcance de 1.50m para movistar con el 100% de bloqueo en los dos equipos probados. Se concluye que el dispositivo funciona exitosamente para las dos operadoras ya que la señal celular se interfirió por completo en los equipos celulares probados interrumpiendo así el envío y recepción de llamadas y mensajes de texto. Es recomendable tener en cuenta la sensibilidad de los dispositivos celulares y la ubicación de las radiobases de las operadoras celulares, ya que esto influirá en el área de cobertura y el tiempo que toma el dispositivo para perder la señal celular el cual está estimado en 40seg.

PALABRAS CLAVES: <DISPOSITIVO BLOQUEADOR [JAMMER]>, <ESTRATEGIA DE BLOQUEO [JAMMING]>, <RADIOFRECUENCIA DE COMUNICACIÓN>, <SISTEMA CELULAR> <NIVEL DE RECEPCIÓN>, <RADIOBASES CELULARES >

## **SUMMARY**

This work is about the design and implementation of a prototype inhibitor mobile phone signal. It is practical case in the laboratory of Computer Science and Electronics Faculty of the Polytechnic School of Chimborazo. The prototype developed is known as a jammer which aims to block signals in frequency of cell phone. For the development of functional prototype, the comparative method for the choice of electronic materials such as voltage controlled generators triangular wave, resistors, capacitors, potentiometers, oscillators were used. Through analysis a classification that helped us choose was made correctly appropriate electronic materials. In addition the respective simulations of the device were done in the Proteus 8 software to the feeding stage, regulation and adaptation of the triangular signal. For phase radio frequency Ansoft 3.5 software was used. This helped us to obtain approximations in energy consumption, and the choice of our transmission line for radio frequency section. Excellent results were obtained regarding the coverage area with the device to check the performance and coverage area of the prototype. Four cell teams, two for Claro operator and two for Movistar operated were used thus obtaining a range of 2.50m to Claro with 100% lock in both handsets tested and a range of 1.50m to Movistar with 100% lock in the two tested equipment. It is concluded that the device operates successfully for both operator as cellular signal interfered entirely on cellular equipment tested, so interrupting sending and receiving calls and text messages. It is advisable to take into account the sensitivity of cellular devices and the location of the base stations of cellular operators, as this will influence the coverage area and the time it takes the device to lose which is estimated at 40sec cellular signal.

**KEYWORDS:** <DEVICE BLOCKER [JAMMER]>, <STRATEGY LOCK [JAMMING]>, <RADIO COMMUNICATION >, <PHONE SYSTEM> <LEVEL RECEPTION>, <CELLULAR RADIO BASES >



## INTRODUCCIÓN

En el campo de las telecomunicaciones, las ondas electromagnéticas tienen como primordial objetivo, permitir la comunicación entre dos puntos distantes. Sin embargo, cuando se trata de una comunicación cuyo medio de transmisión es el aire, dicho objetivo puede verse distorsionado, ya que estas ondas tienen la particularidad de que, una vez transmitidas, pueden llegar a ser interceptadas, distorsionadas o bloqueadas. Este principio se dio origen, en la denominada Guerra Electrónica.

La guerra electrónica tuvo sus inicios durante la segunda guerra mundial. El radar fue una de las grandes invenciones del momento ya que tubo múltiples utilidades una de ellas la navegación y detección de submarinos y otras aplicaciones en el campo aéreo.

En la actualidad, la evolución de los sistemas de comunicación inalámbricos ha hecho que el empleo de esta tecnología vaya en aumento, ya que el acceso a la misma se ha vuelto más fácil, y con ello se ha vuelto más fácil de emplear estas tecnologías de manera incorrecta. Por lo tanto, en respuesta al mal uso de la tecnología, surge la necesidad de bloquear la comunicación de dispositivos móviles en ciertos lugares o espacios donde la ley lo prohíbe dejando de ser así exclusivamente de uso militar.

La telefonía móvil y a su vez los teléfonos celulares son uno de los dispositivos y tecnologías inalámbricas más utilizadas en el ámbito civil. Siendo estos en la actualidad utilizados con fines no benéficos para la sociedad. Es así como nació la necesidad de crear un dispositivo que tengan la capacidad de restringir su uso en áreas específicas y bajo ciertas condiciones. El dispositivo capaz de restringir el uso de teléfonos celulares se ha denominado *jammer*.

Los *jammers* son dispositivos elaborados para interferir el funcionamiento de los dispositivos móviles o teléfonos celulares mediante la emisión de señales interferentes las cuales impiden el proceso de comunicación entre el dispositivo móvil y la estación base (Morocho, Ventura, 2011, p.2).

El uso del *jammer* en la mayoría de países ha sido blanco de numerosas confrontaciones con respecto a su uso. Debido a que interferir o bloquear la señal de los dispositivos celulares, los *jammers* están irrumpiendo e interfiriendo con frecuencias ajenas. Es decir, se interfiere con frecuencias de ciertas compañías de telefonía celular que pagaron por utilizarlas.

Uno de los problemas más significativos que conllevaría el uso de este tipo de dispositivos sería la pérdida de recepción de posibles llamadas o datos que pueden ser de crucial importancia en su momento.

Pero en algunos países del medio oriente y del continente asiático los inhibidores de señal son completamente legales, pero en muchos de los países son ilegales y está prohibida la venta, comercialización y distribución de este tipo de dispositivos.

En el caso de Ecuador, el uso de dispositivos inhibidores de señal o más conocidos vulgarmente como *jammers* es completamente ilegal. Pero existen casos donde su uso lo es permitido por la ley como lo es los bancos, entidades financieras y los centros penitenciarios.

### **Objetivo General:**

Diseñar e implementar un prototipo inhibidor de señal de telefonía móvil en el laboratorio de la FIE.

### **Objetivos Específicos:**

- ❖ Cumplir con los lineamientos regulatorios ya establecidos con referencia a los dispositivos de comunicaciones móviles.
- ❖ Realizar un análisis comparativo del software *simulink* y *proteus* para determinar los materiales y así obtener aproximaciones de los resultados mediante la simulación del prototipo.
- ❖ Diseño e implementación del prototipo inhibidor de señal de telefonía móvil que transmita ondas electromagnéticas en el rango de frecuencias 850 y 1900 MHz para inhibir dichas señales dentro del laboratorio de la FIE utilizando los resultados obtenidos en software seleccionado anteriormente.
- ❖ Una vez implementado el prototipo este se utilizara únicamente en el laboratorio de la fie para evitar que los alumnos se distraigan en horas de clase de esta manera obtener un mejor rendimiento de los mismos.

## **Problema**

El avance tecnológico de los últimos años y en especial la evolución de las tecnologías móviles e inalámbricas el uso de dispositivos móviles como celulares es inadecuado es por esto que surge la necesidad de bloquear la señal de los dispositivos móviles en ciertos espacios donde la ley lo prohíbe.

Ante la problemática descrita se plantea una interrogante que podrá solucionar la misma.

¿Es posible construir un inhibidor de señal celular que permita bloquear la señal de los dispositivos móviles en el interior del laboratorio de la FIE?

## **Sistematización del Problema**

- ❖ ¿Cómo ayudará la utilización de VCO al momento de implementar el prototipo y así elegir de mejor manera la estrategia para el bloqueo de la señal celular?
- ❖ ¿Cuál será el comportamiento del inhibidor de señal de telefonía móvil en el interior del laboratorio?

## **Justificación**

Muchas de las instituciones públicas y privadas en el Ecuador tienen desconocimiento acerca de las ventajas, funcionamiento, uso y de las legalidades de los inhibidores de señales para telefonía celular, ya que el correcto funcionamiento de estos dispositivos no ha sido ampliamente difundido por las autoridades de regulación correspondientes.

Con este tipo de dispositivos a más de ser utilizados en entidades financieras también tienen grandes aplicaciones en el sector de la educación ya que este tipo de sistema nos permitirá bloquear las comunicaciones de dispositivos móviles en las horas de clase y así evitar que los estudiantes tengan distracciones al momento de captar los conocimientos en su aula de clase.

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEORICO**

#### **1.1 Tecnología móvil celular**

En este tipo de tecnología comienza a partir de la segunda guerra mundial ya que fue indispensable para realizar comunicaciones entre dos puntos distantes. Los equipos de esa época solo servirán para realizar comunicaciones de onda corta ya que utilizaban frecuencias muy bajas alrededor de los 50 MHZ.

Con el paso de los años el hombre en busca de hacer más eficiente este tipo de comunicaciones hizo uno de los avances más grandes dando inicio así al teléfono celular, gracias al cual se permitió la comunicación a larga distancias, como único medio de transmisión el aire.

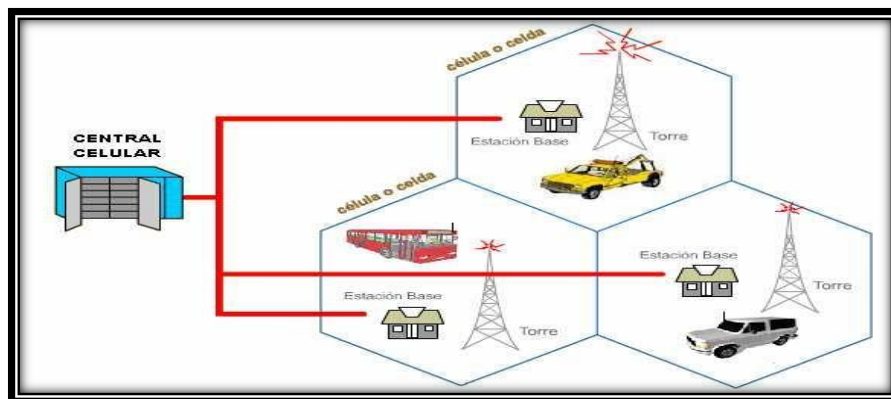
La telefonía celular ha revolucionado el área de las comunicaciones, redefiniendo la forma de ver de las comunicaciones de voz. Anteriormente, los teléfonos celulares estuvieron fuera del alcance de la mayoría de los consumidores debido a sus altos costos. Para dar solución a ello, las compañías proveedoras de servicios invirtieron tiempo y recursos para encontrar nuevos sistemas de mayor capacidad, y por ende, menor costo (Nata, 2015:p.28).

La nueva tendencia que implementa el uso social de celulares genera ventajas y al mismo tiempo desventajas. La accesibilidad al nuevo medio de comunicación, en un fuerte aumento en los últimos años, propone un contacto constante entre los ciudadanos. En este punto surge el dilema o las distintas interpretaciones sobre si el nuevo método comunicativo es positivo o negativo (Isi, 2015:p.5).

Las redes de telefonía móvil celular basa su sistema de transmisión en células o celdas las cuales abarcan áreas que van desde 1 a 5km, en el interior de estas encuentran estaciones repetidoras la cual trabaja con una frecuencia diferente a la de la célula original.

En la Figura 1-1 se hace referencia a la distribución de celdas y la central primaria. El proceso de comunicación comienza en el dispositivo móvil, el cual envía una señal dirigida a la

estación, la cual se encarga de reenviar mediante la red al destinatario, si el usuario se desplaza el cambio de celda receptora es esencial lo cual permite dar soporte a la comunicación.



**Figura 1-1** Distribución de celdas de transmisión

Fuente: Grajales E, 2012

Según el tipo de sistema los datos son enviados secuencialmente o por paquetes los cuales pueden ser encriptados o a su vez comprimidos.

Cada celda contiene un número específico de frecuencias tanto para la recepción como la transmisión, como las frecuencias en las celdas son limitadas se utiliza la reutilización de frecuencias entre células, siempre y cuando no sean adyacentes ya que esto puede producir interferencias entre ellas interrumpiendo así la comunicación de centenares de personas al mismo tiempo.

### **1.1.1. Evolución de la telefonía móvil.**

#### **1.1.1.1. Primera generación (1G)**

La primera generación (1G) inicia a mediados de 1979 este tipo de telefonía móvil se caracterizaba por ser analógica y específicamente para transmisión de voz. La eficiencia de este sistema era muy baja ya que utilizaba una velocidad de transmisión de 2400 baudios. En relación a la comunicación entre celdas era muy ineficiente por su capacidad basada en la tecnología FDMA (Frequency Division Multiple Access) la cual no brindaba una buena seguridad en la información. La tecnología que resalto en esta generación fue AMPS (Advanced Mobile Phone System) (Nagua, 2013a: p.3).

### **1.1.1.2. Segunda Generación (2G)**

Sus primeros indicios se dieron a finales de 1990 y se caracterizaba por ser digital en relación a la primera generación. Esta generación inicio con un estándar europeo (GSM) el cual utilizaba una tecnología TDMA (Time División Múltiple Access), el cual procesaba un segmento en una fracción de tiempo en un determinado número de abonados, por lo general este estándar opera en una banda de frecuencia central de 850 MHZ.

En esta generación se utilizaron protocolos de codificación más eficientes y fueron la base para los actuales sistemas de telefonía celular. Las velocidades para la trasmisión de voz eran altas pero para la comunicación de datos eran limitadas, otros servicios de esta generación fueron el fax y SMS (*Short Messages Service*).

### **1.1.1.3. Tercera Generación (3G)**

En esta generación la convergencia de vos y datos fue uno de los avances más significativos ya que se podía acceder a través de la tecnología inalámbrica, por lo que es utilizada para aplicaciones multimedia y altas transferencia de datos.

Los protocolos que intervienen en el funcionamiento de este tipo de tecnología brindan grandes ventajas al momento de transferir información a altas velocidades, enfocándose también a la seguridad en relación a otros estándares.

Uno de los desafíos de esta tecnología es alcanzar velocidades de hasta 2 Mbps independientemente sea esta de subida o de bajada dando así mayor movilidad a todos los abonados conectados a la red 3G. Las tecnologías de acceso son GSM y CDMA de forma evolutiva (Nagua, 2013b: p.4).

#### **1.1.1.4. Cuarta generación (4G)**

Esta generación es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G. La UIT fue la encargada de definir los requisitos necesarios para considerar un estándar para la cuarta generación. Los requisitos para que se considere de cuarta generación es la velocidad de transmisión las cuales deben estar entre los 100 Mbit/s movilidad alta y 1Gbit/s movilidad baja.

Esta generación está basada netamente en el protocolo IP, presentando como un sistemas y una red al mismo tiempo, gracias a la convergencia de las redes inalámbricas y redes de cables. La principal característica en relación de las demás generaciones sin duda es la velocidad pero esta incluye la calidad de servicio (QoS) de extremo a extremo y una alta seguridad lo que permite dar un servicio de cualquier clase en cualquier momento, pero tomando en cuenta el costo mínimo posible.

#### **1.1.2. Técnicas de acceso múltiple**

Las técnicas de acceso comúnmente utilizadas para la transmisión eficiente de los recursos de comunicación, como el tiempo y el ancho de banda asignados a cada usuario.

Para la telefonía celular se tiene tres formas diferentes de acceder al medio las cuales son:

- FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)
- TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)
- CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)

Las diferencias de las técnicas de acceso es que la primera trabaja con la frecuencia, la segunda con el tiempo y la tercera maneja códigos únicos para el acceso a la red. El acceso múltiple hace referencia a que más de un usuario puede acceder a la red o a una celda del sistema.

### **1.1.2.1. Técnica FDMA**

FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) este tipo de técnica es utilizada para transmisiones analógicas y no es recomendada para las transmisiones digitales. La esta tecnología funciona separando el espectro en distintos canales de voz, separando el ancho de banda en porciones uniformes (Neto, 2006a: p.5).

### **1.1.2.2. Técnica TDMA**

TDMA (*Time Division Multiple Access*) esta técnica permite el acceso de una gran cantidad de usuarios a una misma frecuencia de radio, para lo cual divide y envía los datos encasillados en diferentes tiempos.

Este tipo de técnica utiliza un tercio del tiempo en el acceso gracias a la compresión de las comunicaciones digitales las cuales son enviadas a través de las señales de radio. La información digital en especial la voz digital puede ser comprimida y así reducir el tamaño gracias a que representa una información binaria. Es así que esta tecnología debido a la compresión tiene tres veces más la capacidad de un sistema analógico que utiliza la misma cantidad de canales.

### **1.1.2.3. Técnica CDMA**

CDMA (*Code Division Multiple Access*) esta técnica también trabaja con información digital, con lo cual transmite la información ocupando todo el ancho de banda disponible. La información enviada es sobrepuesta en el canal y a diferencia de TDMA esta asigna un código de secuencia único

Esta técnica permite comprimir de 8 a 10 llamadas digitales para que ocupen el mismo espacio, lo que en el sistema analógico ocuparía una llamada para cada servicio.



### **1.1.3. Fundamentos de un sistema de telefonía celular**

La telefonía celular está regido bajo normas y estándares de la Unión Internacional de Comunicaciones (ITU). Entre sus principales funciones es el transporte de voz y datos pero a su vez transportan la señalización con la cual podemos liberar, supervisar y proteger la información del usuario.

Dado el presente trabajo de titulación tiene como objetivo desarrollar un prototipo el cual bloque las señales emitidas a dirigidas hacia un dispositivo móvil, por lo cual se hace imprescindible conocer la estructura de un sistema de telefonía celular. A continuación se dan a conocer los componentes y elementos básicos del sistema de telefonía celular.

#### **1.1.3.1. Componentes de un sistema celular**

Un sistema de telefonía celular, está formado por:

- **Estación móvil (MS)**

Interfaz entre el usuario (abonado) y la estación base, realiza la transmisión de la voz además desempeña funciones de señalización y control.

- **Estación base (BS)**

Conservar la conexión entre la estación móvil y la estación base también se encarga de atender varias estacione móviles según el número de servicio. Cuando se asigna una estación móvil a canales idénticos es necesario reducir la potencia en la estación base lo cual disminuye las interferencias dando así una mejor calidad de servicio.

- **Estación base de control (BSC)**

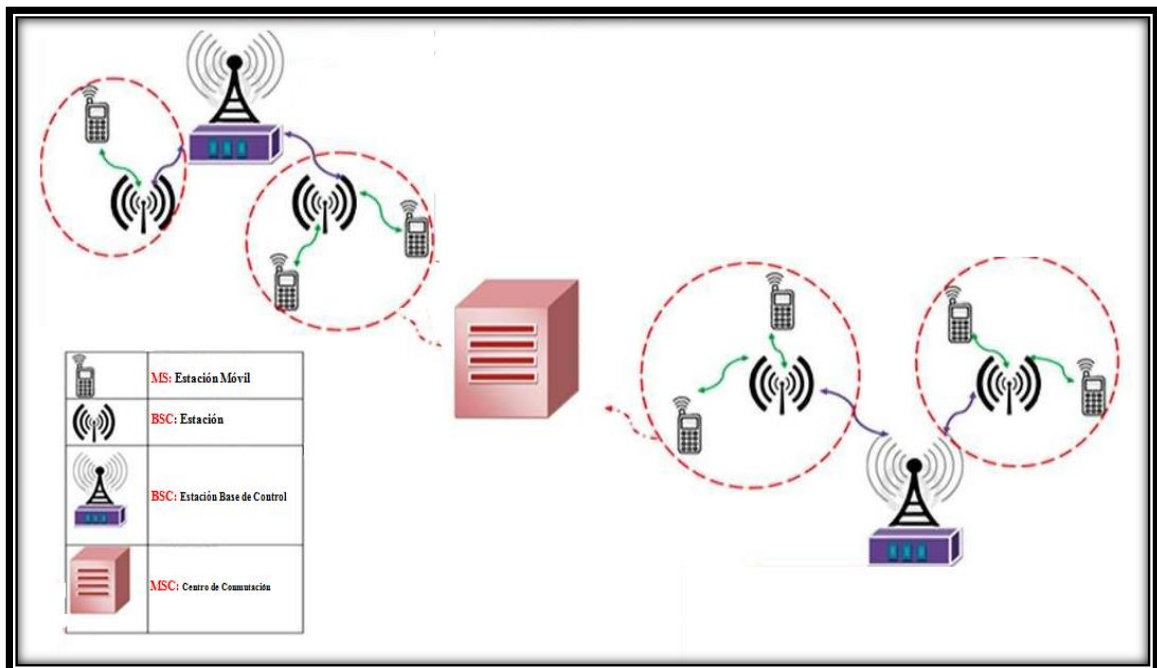
Es la encargada del mantenimiento y gestión del servicio, también asigna las estaciones base dentro del área de cobertura a las estaciones móviles. Esto se da cuando el abonado se traslada entre celdas colindantes, el handover o conmutación es una de las funciones lo cual permite

cambiar de canal si este se encuentra ocupado en una estación a otra lo que permite que la comunicación no se interrumpa.

➤ **Centro de conmutación (MSC)**

Permite la conexión con redes externas ya sean públicas o privadas, también permite la conexión entre estaciones móviles situadas en áreas diferentes a la principal. Estos centros funcionan como nodos centrales de una red cualesquiera.

En la Figura 1-2 se da conocer los componentes detallados anteriormente.



**Figura 1-2** Estructura general de un sistema celular

Fuente: López E, 2016

**1.1.3.2. Elementos de un sistema celular**

La mayoría de los sistemas de telefonía celular están conformados por los siguientes elementos:

## ➤ Celda

Una celda representa geográficamente un área en la cual se tiene servicio de telefonía móvil por medio de una estación base. Está representada por un hexágono como se puede apreciar en la Figura 1-3



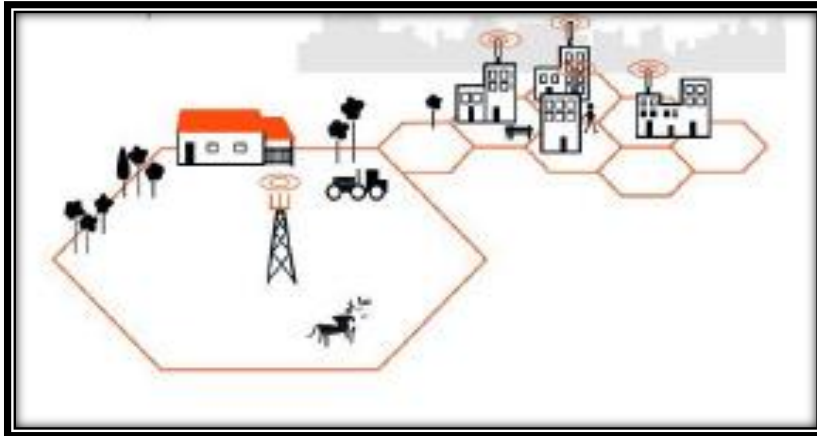
**Figura 1-3** Representación gráfica de una celda

**Fuente:** (Morocho C, Ventura J, 2011)

Una celda permite la unión de otros entre si y dar así una cobertura general, esta forma fue elegida ya que prestaba más beneficios que una forma esférica ya que no dejaba espacios entre celdas. La potencia, sensibilidad, frecuencia, altura, posición, y tipo de antena, son factores a tomar en cuenta para determinar el tamaño de la celda.

La distribución de las celdas depende del lugar a implementar, ya que la densidad poblacional es un factor a tomar en cuenta. En zonas muy pobladas las celdas son pequeñas para tener un mayor número de las mismas, pero en zonas no muy pobladas las celdas son grandes por la poca concentración de personas así las celdas llegan a medir hasta kilómetros en los cuales prestan cobertura.

En la Figura 1-4 podemos observar la distribución de las celdas dependiendo la densidad poblacional del lugar.



**Figura 1-4** Distribución de celdas dependiendo área geográfica

Fuente: (Cuzco P, 2015)

➤ **Reúso de frecuencias**

Este elemento trata de reutilizar frecuencias portadoras para cubrir más área de cobertura evitando la interferencia de canales vecinos. Esto ayuda a reducir la potencia, altura y elevación de las antenas, para conocer la distancia de separación de las celdas se emplea la siguiente formula en la cual el reusó de frecuencias es importante.

$$D = [\sqrt{(3)}(N)](R)$$

Donde D representa la distancia de reusó, N el número de frecuencias por grupo y R presenta el radio promedio de la celda (Cuevas M, 2010).

➤ **División de celdas**

Se emplea cuando la celda alcanza la capacidad máxima de tráfico, por lo cual se procede a dividir una celda en otras más pequeñas. Para esto se toma en cuenta los radios mínimos de las celdas lo cual evita problemas de sobrecarga debido a la trasferencia de llamadas en un tiempo determinado.

➤ **Transferencia de llamadas (Handover)**

Se produce cuando la estación base maneja diferentes frecuencias portadoras al momento de transferir una llamada provocando una interrupción muy corta.

Están conformados por varios tipos los cuales ayudan a la interacción de llamadas, uno de ellos es el que opera entre sistemas el cual se aplica cuando hay una incompatibilidad de estándares entre sistemas, este tipo de sistemas es utilizado para extender la cobertura y equilibrar la carga de abonados.

En la tecnología WCDMA se utiliza el soft handover el cual realiza una transferencia de llamada sin interrupciones, esto se produce cuando una estación móvil interactúa con más de una estación base esto se da cuando trabajan con las frecuencias portadoras.

#### **1.1.4. Red GSM**

Las siglas GSM vienen de las palabras anglosajonas Global System for Mobile communications. Como su propio nombre indica, GSM no es más que un estándar de comunicación para la telefonía móvil, implementado mediante la combinación de satélites y antenas terrestres (Nata, 2015:p.50).

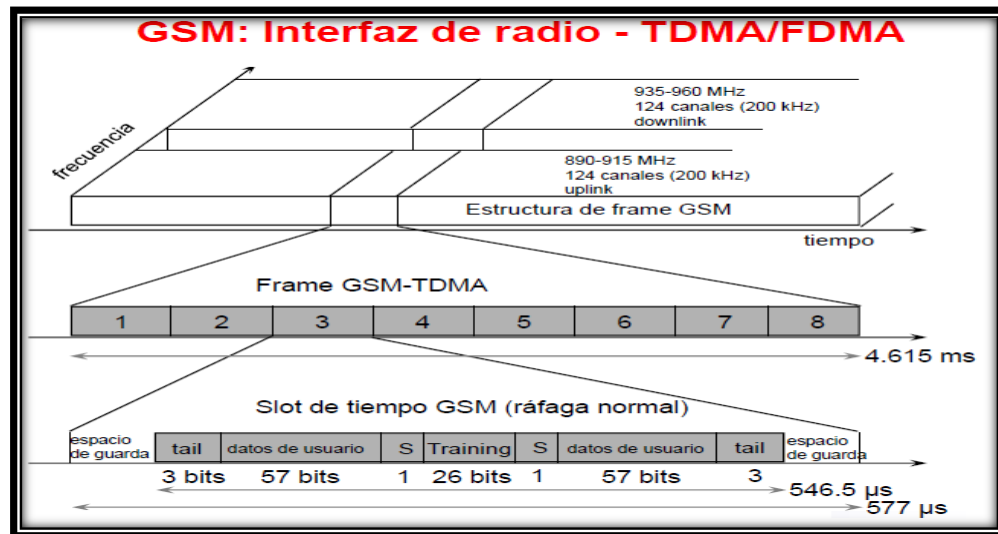
Es un sistema digital, y al ser un estándar usado mundialmente, permite su uso en cualquier lugar con cobertura, incluso en ámbitos internacionales.

GSM es un sistema de telefonía celular perteneciente a la segunda generación que se desarrolló para solucionar los problemas de compatibilidad existentes en la primera generación, sobretodo en Europa donde se creó el estándar (Nata, 2015:p.50). GSM en la actualidad existe en todos los continentes.

##### **1.1.4.1. Funcionamiento de la red GSM**

GSM utiliza una combinación FDMA/TDMA como protocolos de acceso al medio. En el caso del acceso por división de frecuencia este fragmenta el ancho de banda que es 25MHz en 124 canales con un ancho de banda individual de 200KHz, y estos a su vez fragmentados en 4.615 ms tramas, y cada trama está formada por 8 slots de 577µs por lo que la información se transmite mediante el acceso por división de tiempo por lo que es capaz de soportar velocidades de

9.6Kbps o 14.4Kbps como máximo (Muyulema, 2014: p.61). En la Figura 1-5 podemos observar lo detallado anteriormente.



**Figura 1-5** Funcionamiento de la topología de la red GSM

Fuente: (Muyulema, 2014)

#### 1.1.4.2. Arquitectura de la red GSM

La red GSM consta de una arquitectura bien definida en la cual se caracterizan tres partes fundamentales que son:

➤ **Subsistema de estación base (BSS)**

Interfaz entre terminales móviles y el subsistema de la red, está conformado por la BSC (Controlador de Estación Base) y sus respectivas BTS (Estación Base). Realiza funciones de control de red, señalización de la interfaz aire, gestión de la movilidad.

La red GSM en su arquitectura incorpora tres interfaces.

**La interfaz aire (Um).**- conexión entre la MS (Estación Móvil) y BTS (Estación Base), la señalización utiliza un protocolo específico jerárquico el cual utiliza capas 1,2 y 3 del modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos).

**La interfaz Abis.-** conexión entre la BTS (Estación Base), y BSC (Controlador de Estación Base), la señalización en esta interfaz se realiza por canal común, es decir un canal se utiliza para señalización según el protocolo de acceso.

**La interfaz A.-** enlace entre el sistema de conmutación y la estación base. Realiza la señalización según la aplicación de estación base la cual gestiona la liberación del recurso de radio, control de llamadas y gestión de movilidad.

➤ **Subsistema de red (NSS)**

Es la parte modular de GSM se ocupa de las siguientes funciones. Control de llamadas, datos de abonados y gestión de servicios, tarificación, gestión de seguridad. El subsistema de red consta de los siguientes elementos.

**MSC (Centro de Conmutación de Servicios Móviles).-** Elemento principal del NSS. Es responsable del control de llamadas, funciones de control del BSS, funciones de interfuncionamiento, tarificación, estadísticas y señalización de los interfaces A y PSTN.

**HLR (Registro de Posición Base).-** Lugar donde se almacenan permanentemente todos los datos del abonado. Las funciones principales del HLR son los datos del abonado y gestión de servicios, estadísticas y gestión de la movilidad.

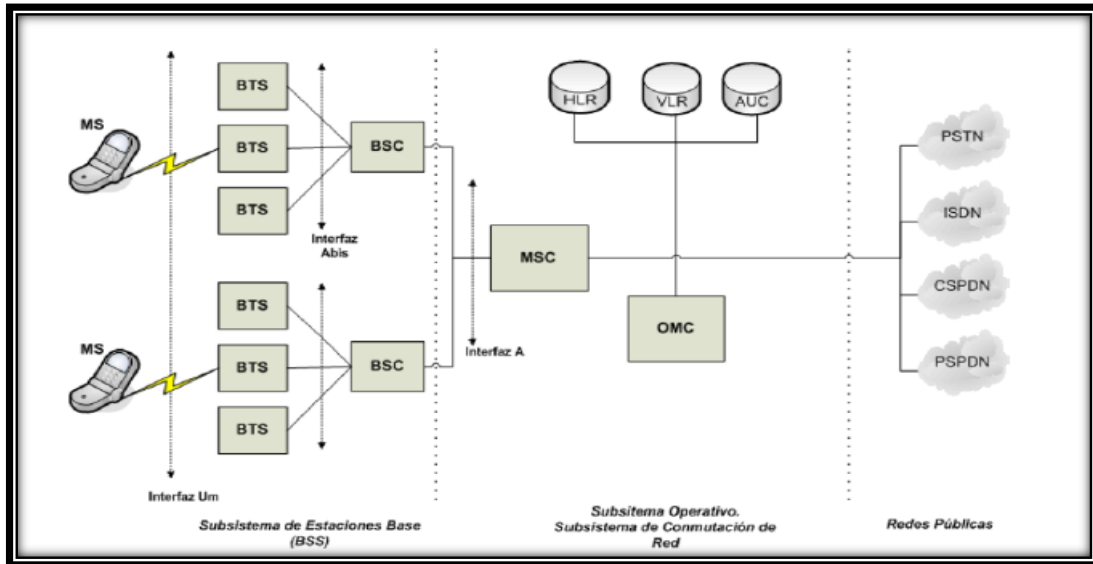
**VLR (Registro de Posición Visitante).-** Da memoria local para las variables y funciones necesarias para gestionar llamadas hacia y desde un abonado en el área correspondiente al VLR.

➤ **Subsistema de soporte de operaciones (OSS)**

El OSS está conformado por el OMC (Centro de operación y mantenimiento) y por el NMC (Centro de gestión de la red). El NMC junto con el OMC controla y gestiona el funcionamiento de la red.

En conclusión la estación base se encarga de las funciones de radio, el subsistema de red realiza el proceso de llamadas y gestión de abonados, mientras que todo esto supervisado por el sistema de operación y mantenimiento.

Cada uno de estos contiene subunidades las cuales realizan diversas funciones en la red GSM, todo esto se puede observar en la Figura 1-6 en la cual se detalla de forma gráfica la arquitectura de la red GSM en relación a lo detallado anteriormente.



**Figura 1-6** Arquitectura red GSM

Fuente: (Muyulema, 2014)

### 1.1.5. Bandas de frecuencia de la red GSM

La red GSM según datos tomados de SUPERTEL (ahora ARCOTEL) nos da a conocer la distribución de frecuencias y asignación de canales los cuales se detallan en la tabla 1-1

**Tabla 1-1** Distribución de frecuencias y asignación de canales GSM-900

SISTEMA	BANDAS	FRECUENCIA		ASIGNACIÓN DE CANAL
		SUBIDA (MHz)	BAJADA (MHz)	
<b>P-GSM-900</b>	900	890.2–914.8	935.2–959.	1-124
<b>E-GSM-900</b>	900	880.0–914.8	925.0–959.8	975-102,0-124
<b>R-GSM-900</b>	900	876.0–914.8	921.0-959.8	955-1023,0-124
<b>T-GSM-900</b>	900	870.4–876.0	915.4–921.0	DINÁMICA

Fuente: Muyulema, 2014



Como podemos observar la tabla, esta nos muestra la distribución de bandas usadas en Europa, África, Oceanía y Medio Oriente las cuales sirven para establecer comunicación entre la estación base y la estación móvil.

En la mayoría de América Latina se utiliza el GSM-850 hasta el GSM-1900 la cual tiene una separación de portadora tanto para subida como para bajada de 75MHz la cual se muestra en la siguiente tabla 1-2

**Tabla 1-2** Distribución de frecuencias y asignación de canales GSM-1900

SISTEMA	BANDAS	FRECUENCIA		ASIGNACIÓN DE CANAL
		SUBIDA (MHz)	BAJADA (MHz)	
DSC-1900	900	1850.0-1910	1930-1990	512-810

Fuente: Muyulema P, 2014

## 1.2. Telefonía celular en el Ecuador

La telefonía en el Ecuador da sus inicios en 1993, este inicio se dio con dos operadoras. Pero en la actualidad existen tres operadoras que brinda el servicio de telefonía celular en el país.

- CONECEL S.A
- OTECEL S.A
- CNT E.P

Estas operadoras a través de las tecnologías inalámbricas operan en las frecuencias de 800/900MHz (CONECEL S.A Y OTECEL S.A) y en la banda de 1900MHz (CNT E.P). La distribución se da a conocer en la tabla 1-3

**Tabla 1-3** Asignación

<b>Banda "A" asignada a CONECEL S.A.</b>
Tx: 824-835MHz y 845-846.5MHz = J_2.5MHz = ABTx
Rx: 869-880MHz y 890-891.5MHz = 12.5MHz = ABRx

<b>Banda "B" asignada a OTECEL S.A.</b>
Tx: 835-845MHz y 846,5-849MHz = 12,5MHz = ABTx
Rx: 880-890MHz y 891,5-894MHz = 12,5MHz = ABRx
<b>Banda "C-C" asignada a CNT E.P</b>
Tx: 1895-1910MHz
Rx: 1975-1990MHz

Fuente: Cevallos E, 2006

La empresa CONECEL S.A. conocida en el mercado como claro fue la primera operadora en introducir al Ecuador en la tecnología celular con la tecnología AMPS , tecnología analógica que transmitía solo voz.

Luego esta tecnología fue remplazada por la D-AMPS la cual ya era digital y aparte de transmitir voz incorporaba la transmisión de mensajes de texto, identificador de llamadas, llamada en espera como las principales.

Luego de esto tanto CONECEL S.A. como OTECEL S.A. adoptaron tecnologías actuales de la época, así CONECEL S.A adopto el GSM y OTECEL S.A. el CDMA. Con el transcurso del tiempo las tres operadoras brindaban servicios similares y con niveles de seguridad más confiables.

La operadora porta en esos tiempos al introducir GSM tecnología de segunda generación, donde cada usuario ocupaba parte de la frecuencia en un periodo en la que se podía guardar la información en un dispositivos conocido como chip inteligente.

### 1.3. Modelos de propagación

Los modelos de propagación son consideradas expresiones matemáticas los cuales ayudan a predecir los efectos en una señal durante la transición, estos modelos fueron desarrollados para todos los ambientes uno de ellos cuando no hay línea de vista.

Existen diversas formas o tipos de modelación las cuales dependen del tipo de vista. Cuando existe línea de vista (LOS) se aplica una modelación con distribución de Rican o con una

distribución logarítmica normal, pero cuando no hay línea de vista se realiza una modelación con distribución de *Rayleigh*. La combinación de estas dos distribuciones nos da como resultado la distribución de *Nakagami*.

En la telefonía móvil se usan varios modelos de propagación, entre los más conocidos tenemos el modelo de propagación *Egli*, el de *Nicholson* y el de *Longley-Rice*.

Pero los modelos clásicos en los cuales se basa gran cantidad de los modelos actuales son: el modelo de *Okumura-Hata* y el de *Walfish-Ikegami*

### **1.3.1. Modelo Okunura-Hata**

Es uno de los modelos utilizados en el campo de la telefonía celular, el cual se encarga de predecir los efectos de difracción, reflexión y dispersión causados por las estructuras de una ciudad o el medio ambiente en general.

Cuando se considera una ciudad sea está muy poblada o no, se consideran 4 áreas de estudio donde pueden ser densamente urbana, urbana y las áreas rurales.

Para ciudades se utiliza los dos primeros casos donde podemos aplicar la ecuación la cual nos permite encontrar la atenuación de la onda electromagnética cuando viaja de transmisor a receptor

$$L_p(dB) = C_1 + C_2 \log(f) - 13.82 \log(h) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log(h)] \log(d) + C_0$$

Dónde:

$f$  = Frecuencia en MHZ

$d$  = distancia entre la estacion base y el movil en Km

$h$  = altura efectiva de la antena de la estacion base

$h_m$  = altura de antena movil

### 1.3.2. Modelo para interiores (ITU)

En la telefonía celular hay factores los cuales son importantes analizar, como el tráfico, comportamiento de la señal y las pérdidas son determinantes al momento de utilizar la propagación para interiores, para lo cual utilizamos el modelo ITU.

Este modelo toma de referencia el path loss en áreas como cuartos, edificios los cuales esta delimitados en su interior por paredes de cualquier material. La siguiente ecuación nos permite calcular las pérdidas empleando el modelo para interiores.

$$L = 20 \log f + N \log d + P_f(n) - 28$$

Dónde:

$L$  = *perdidas en ruta (path loss)*

$f$  = *es la frecuencia en MHz*

$d$  = *la distancia entre transmisor y receptor en metros.*

$N$  = *numero de pisos entre transmisor y receptor*

$P_f(n)$  = *el factor de perdidas por penetracion entre pisos*

### 1.4. Línea de transmisión

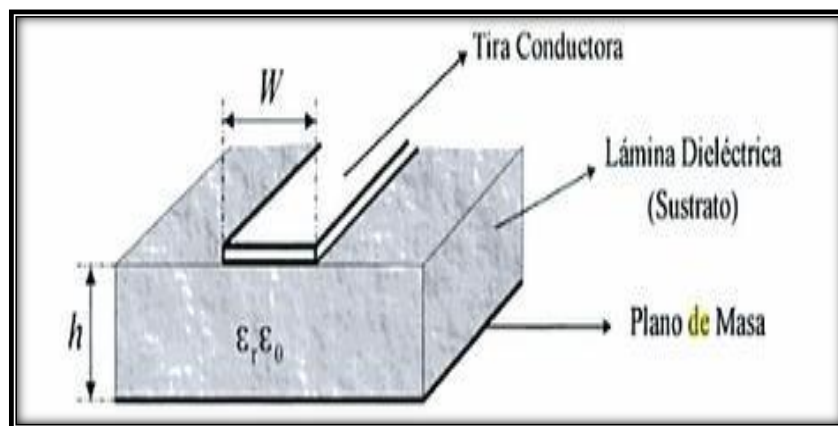
Se define como un sistema metálico conductor el cual se utiliza para transferir energía eléctrica de un punto a otro. La propagación de energía en una línea de transmisión se realiza de forma de ondas transversales, lo que nos indica que el desplazamiento es perpendicular a la dirección de la propagación.

Existen algunos tipos de líneas de transmisión los cuales son de cable coaxial, guías de onda, cable bipolar paralelo y par trenzado.

Las líneas de transmisión funcionan a altas y bajas frecuencias, para frecuencias bajas se utiliza el cable coaxial o par trenzado, pero cuando se utiliza frecuencias altas por arriba de los 500MHz se utiliza líneas de transmisión planas

#### 1.4.1. Líneas de transmisión planas

Este tipo de líneas son utilizadas ya que prestan grandes ventajas en relación a las demás. Se compone de un dieléctrico con metalización. Dentro de este tipo de tecnología tenemos a las microstrip. En la Figura 1-7 Se da a conocer la familia de las líneas de transmisión.



**Figura 1-7** Geometría de una línea microcinta o microstrip

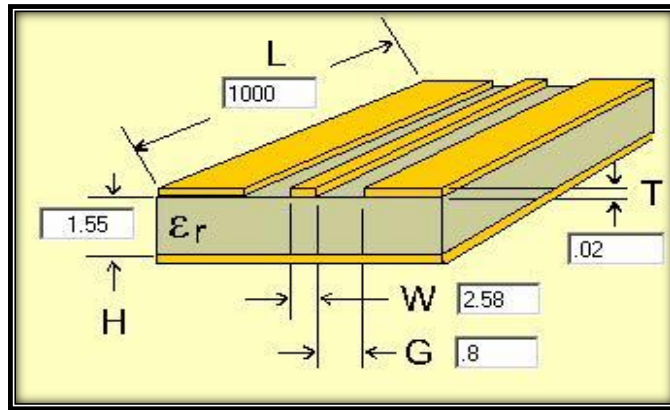
Fuente: (Boria , 2002)

Al trabajar con líneas de transmisión lo primero a tomar en cuenta es el dieléctrico, ya que la constante de permitividad es particular de cada material. Las características de las líneas están controladas por el ancho de banda y el dieléctrico (Murphy, 2006: p.3).

#### 1.4.2. Línea coplanar

Este tipo de líneas se caracterizan por tener un ancho ( $W$ ) el cual está separado del plano de la tierra por una distancia  $G$ .

Sirve para conectar componentes pasivos y activos sin la necesidad de agujerar el sustrato. Este tipo de líneas pueden tener un tercer plano de tierra en la parte inferior del sustrato el cual cambia las dimensiones, lo cual cambiara la impedancia característica. La Figura 1-8 muestra los elementos a considerar al momento de realizar una línea coplanar.



**Figura 1-8** Línea coplanar

Fuente: (Nocedal, 2006).

**Dónde:**

L = Largo del sustrato,

H = Altura del sustrato,

T = Espesor del metal,

W = Ancho de la línea de transmisión,

G = Apertura entre plano de tierra y línea de transmisión.

**1.5. Antena**

Una antena se consideran como un sistema conductor metálico que tiene la finalidad de radiar y capturar ondas electromagnéticas. Se utilizan como interfaz en un dispositivo guía y el medio libre para la transmisión y recepción. (Lobato, 2006a: p.31).

Al momento de transmitir esta genera un campo electromagnético cuando se le aplica un voltaje en el caso de la recepción es lo inverso es decir recibe ondas electromagnéticas y las transforma en voltajes. El tamaño de la antena está relacionado con la longitud de onda, por lo general se trabaja como un submúltiplo de onda cuartos. (Lobato, 2006b: p.31).

Un ejemplo de esto es cuando se trabaja a frecuencias altas, el tamaño de la antena es menor, pero cuando se trabaja a frecuencias bajas, el tamaño de la antena es mayor.

Las antenas para los sistemas celulares son bidireccionales por lo que pueden transmitir tanto en vertical como en horizontal. Las estaciones bases por lo general se conforman de 3 a 4 antenas transmisoras, situadas en diferentes posiciones.

La potencia que emiten es la potencia radiada isotrópica equivalente efectiva, pero hay diferencias entre la potencia isotrópica transmitida y la potencia efectiva radiada, es decir que la isotrópica trasmite la potencia en todas las direcciones y la efectiva radiada representa la potencia media en dirección del haz principal por la ganancia de la antena.

La normativa que regula la exposición a campos electromagnéticos establece límites de 1.45 y 0.9 mW/cm de densidad de potencia para las bandas de 900MHz y 1800MHz respectivamente.

### 1.5.1. Parámetros de antenas

**Patrón de radiación.-** es una representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena en función de las coordenadas espaciales (Murphy, 2006b: p.5).

**Potencia radiada.-** se determina con la integral del vector de Poynting en una superficie cerrada que envuelve totalmente a la antena. La ecuación # da a conocer el cálculo de la potencia radiada. (Murphy, 2006c: p.5).

$$Prad = \int S \cdot da$$

**Eficiencia.-** es una forma de cuantificar las pérdidas de una antena. Se distinguen tres tipos: de reflexión, de conducción y del dieléctrico (Tomasi, 2010a: p.800).

**Ancho de banda.-** rango de frecuencias en el que opera correctamente la antena. El límite se determina por la caída a 3dB, es decir, cuando la energía radiada cae aproximadamente a la mitad de su valor máximo (Tomasi, 2010b: p.800).

**Directividad.-** se define como la relación entre la potencia radiada en la dirección de máxima radiación y la radiación total de la antena promediada a lo largo del área de la esfera (Murphy, 2006d: p.5).

**Ganancia.-** es la combinación de la eficiencia y la directividad, una antena es un elemento pasivo por lo que no amplifica señales. La ganancia se expresa en dB (Tomasi, 2010c: p.800).

**Impedancia de entrada.-** este parámetro se obtiene al relacionar inversamente el voltaje de entrada a la antena,  $E_i$ , y la corriente,  $I_i$ , que se produce en ésta como se observa en la ecuación. (Murphy, 2006e: p.5).

$$Z_{in} = \frac{E}{I}$$

El valor de la impedancia es complejo. Es por esto que depende de la frecuencia. Además, depende de la longitud y la resistencia de radiación de la antena.

**Resistencia de radiación.-** es un componente ficticio encargado de representar la potencia radiada (Murphy, 2006e: p.6).

**Anchura de haz.-** es un parámetro de radiación ligado a la ganancia. Es el intervalo angular dentro del cual la potencia relativa radiada por la antena es superior a la mitad de la ganancia (Tomasi, 2010d: p.800).

**Polarización.-** se refiere a la dirección de la perturbación. Puede ser elíptica (derecha, izquierda), circular (derecha, izquierda) o lineal (vertical, horizontal) (Tomasi, 2010e: p.800).

### 1.5.2. Tipos de antenas

Los tipos de antenas según su fabricación se clasifican en:

- Omnidireccionales
- De lazo
- Helicoidales
- De apertura
- De parche o microstrip
- De reflexión
- Arreglos

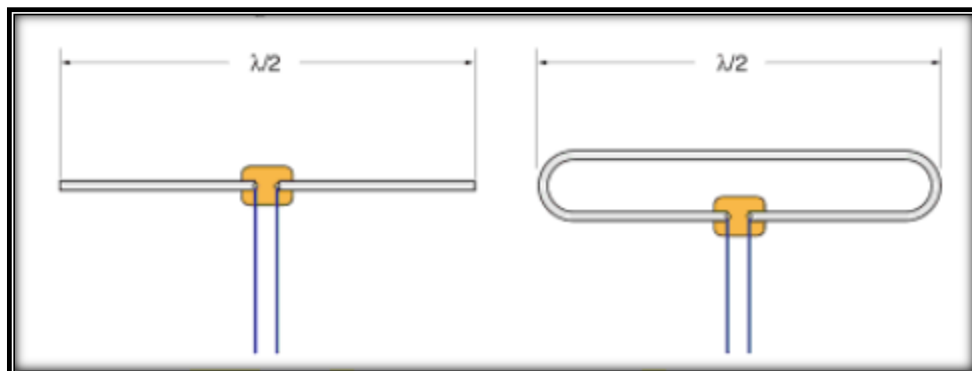


### Antenas omnidireccionales

Las antenas omnidireccionales orientan la señal en todas las direcciones con un haz amplio pero de corto alcance. Las antenas omnidireccionales envían la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independiente del punto en el que este. Tienen una ganancia que varía entre 1 y 15 dBi y que ofrecen una radiación de 360° (Butler J, 2013: p.105).

#### ➤ Dipolo

El dipolo más común se constituye con dos alambres de un cuarto de longitud de onda y se denomina dipolo de media onda como se observa en la Figura 1.9. Es una antena practica de baja ganancia que se aproxima a las características de un radiador isotrópico. La ganancia del dipolo puede incrementarse disponiendo varios elementos radiantes alimentados con fase alternada y colocándolos unos sobre otros para constituir una antena colineal (Butler J, 2013: p.108).



**Figura 1-9** Dipolo de media onda y dipolo plegado de media onda

Fuente: (Butler J, 2013)

Cabe destacar que durante los últimos años el avance tecnológico ha marcado un gran terreno volteando así la mirada al desarrollo de antenas de parche o de microstrip debido a las grandes ventajas que éstas ofrecen

## **1.6. Concepto de *jamming***

Los inhibidores de señal celular fueron desarrollados por unidades militares los cuales tenían fácil acceso a una gran gama de tecnología y adquisición de materiales electrónicos para su construcción.

El fin por el cual se construyó, fue el anular las comunicaciones en la guerra pero en la actualidad esta tecnología se está utilizando en medios gubernamentales y el ámbito civil.

El objetivo del *jamming* es inyectar una señal de interferencia en los equipos electrónicos del enemigo tal que la señal real este completamente ilegible por la interferencia producida.

En principio, la señal de interferencia óptima tendría las características de ruido del receptor, pero en la práctica esto puede ser difícil de conseguir.

### **1.6.1. Estrategias de bloqueo**

Existen diversas estrategias que se emplean al momento de interferir diversas aplicaciones. Pero cada de estas estrategias tienen sus ventajas y desventajas, por eso primero es necesario estudiar el blanco a interferir para elegir la mejor estrategia (Cuzco, 2015. p.15)

Hay dos formas claras para determinar el comportamiento y respuesta de un *jammer*.

- La forma básica es cuando se niega a un contrario la capacidad de comunicarse entre sí, esto se realiza obstaculizando o interfiriendo el receptor con señales no deseadas.
- La más complicada es la creación de un sistema inteligente conocido como sistema de detección de conexión. Para esto el estudio del contrario es fundamental basados en numerosos parámetros, con el estudio llevado a cabo se determina el tipo de ataque a llevar a cabo, con la radiación de señales no deseadas hacia el receptor obteniendo así el control del sistema

Independientemente de lo descrito anteriormente la finalidad es la radiación de energía hacia los receptores de comunicación a modo de interferirlos lo cual se lo realiza por medio de distintas técnicas.

Las técnicas más conocidas aplicadas a los *jamming* son:

- *Jamming* por barrido
- *Jamming* por ruido
- *Jamming* por seguimiento

Siendo el más fundamental, *jamming* por barrido, ya que es más beneficioso tenerlo cerca del enemigo, en relación de los sistemas de comunicaciones amigas, ya que este tipo no se orienta a canales específicos en un rango de frecuencias, sino que interfiere todos los canales disponibles en un rango de frecuencias determinado.

Por lo que puede negar completamente la comunicación dentro de un radio considerable alrededor de jammer.

## **1.6.2. Técnicas para aumentar la eficiencia del bloqueo**

La manera de aumentar la eficiencia de un inhibidor es aumentar el número de señales a bloquear o interferir simultáneamente. Esto se realiza median la utilización de diferentes técnicas las cuales implican compartir la potencia.

### **1.6.2.1. Look-Through**

Esta técnica se emplea cuando las señales no son de espectro extendido, también ayuda a determinar si el objetivo ha cambiado de frecuencia o ha dejado de funcionar. Esto ayuda a no malgastar los recursos del dispositivo. Esta técnica también se puede aplicar en sistemas DSSS (secuencia directa de espectro ensanchado) lo cual funciona produciendo un patrón de bits redundantes para cada bit que compone la señal. Si mayor es el patrón de bits, la resistencia de la señal a interferir será mayor (Cuzco, 2015. p.16)

### **1.6.2.2. Potencia compartida**

Esta técnica se da cuando hay más de dos o más objetivos, por lo que se utiliza la estrategia de múltiples tonos. Esta técnica coloca los tonos en distintas partes del espectro sin la necesidad de que los canales sean continuos para atacar varios objetivos.

### **1.6.2.3. Tiempo compartido**

Otra técnica para cubrir más de un objetivo es orientar la máxima potencia del *jammer* hacia cada objetivo en momentos distintos. Cuando se aplica “*Jamming*” a una señal digital no se tiene que estar todo el tiempo introduciendo ruido. Basta con incrementar el BER hasta cierto nivel. En el caso de las comunicaciones de voz el nivel necesario para cortar la transmisión es más alto que en el caso de datos. En el caso de las comunicaciones de voz analógicas es necesario bloquear o interferir solamente un 30% de la transmisión para que no entienda el mensaje.

## **1.7. Normativa**

En la actualidad, el Ecuador cuenta con un conjunto de leyes y reglamentos que impiden la interferencia de servicios de telecomunicaciones, existiendo reglamentos específicos de la telefonía móvil y la telefonía móvil avanzada. A continuación se señalan las leyes y reglamentos que sustentan esto.

En el Reglamento para telefonía móvil el artículo 37 indica:

“Art. 37.- Interferencias.- La Operadora será la única responsable por las interferencias radioeléctricas que las estaciones de su sistema puedan causar a otros sistemas de radiocomunicaciones, previamente autorizados, o por daños que puedan causar sus instalaciones a terceros, y estará obligada a solucionar a su costo y a reconocer daños y perjuicios.

En caso de que las frecuencias asignadas a la Operadora sufrieren interferencias por terceros, la Superintendencia de Telecomunicaciones procederá, en el término de diez días a determinar la interferencia. El causante de la interferencia se someterá a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones.”

Mediante la Resolución No. 133-05-CONATEL-2007, del 22 de febrero del 2007, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones prohibió la utilización y comercialización de equipos inhibidores de señal, en todo el territorio ecuatoriano, salvo en casos excepcionales autorizados por el CONATEL. Para esto, se requiere un informe técnico y legal al respecto, elaborado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

La Constitución ecuatoriana garantiza el derecho a la comunicación y, conforme a la legislación, se prohibió la utilización y comercialización de equipos inhibidores de señal en todo el país, ya que provocan la interrupción y pérdida en la continuidad de las telecomunicaciones. Evidentemente, el interés público prevalece sobre el interés particular, por lo tanto, tiene más peso el derecho a la seguridad humana, a una vida libre de violencia, que el derecho a la continuidad de los servicios de telecomunicaciones (SUPERTEL, 2011a. p.26).

No se trata de una violación del decreto de telecomunicaciones, sino de una medida que permite brindar seguridad a las instalaciones del Sistema Financiero y Centros de Rehabilitación Social, dentro de los parámetros y condiciones establecidas.

Tomando en cuenta las diversas apreciaciones, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones decidió aprobar la Resolución 001-TEL-C-CONATEL-2011. en ésta se autoriza la instalación y operación de antenas inhibidoras de señal telefónica celular en los centros de rehabilitación social y en las agencias y locales de las entidades públicas y privadas del Sistema Financiero Nacional, excluyendo de dicha resolución a los cajeros automáticos(SUPERTEL, 2011b. p.26).

Mediante la *RESOLUCION ST-2011-0091* (SUPERTEL, 2011), se resuelve expedir el instructivo para la emisión del certificado de registro de equipos inhibidores en la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPERTEL y en la cual se resuelve:

Con base en la normatividad vigente, el presente instructivo establece los procedimientos para la aplicación del proceso de registro de los equipos inhibidores en este Organismo Técnico de Control.

Las condiciones mínimas de registro son las siguientes:

Conforme se dispone en los requisitos, condiciones de operación y procedimiento de registro para la implementación y uso de los Equipos Inhibidores de Señal, establecidos por la SUPERTEL y la SENATEL, como se detalla en ANEXO I, en cumplimiento al artículo 4 de la *Resolución 001-TEL-C-CONATEL de 10 de Enero de 2011*, los equipos a ser registrados deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Operar exclusivamente en las bandas asignadas al Servicio Móvil Avanzado según el Plan Nacional de Frecuencias, en este caso únicamente en las bandas de frecuencias Down Link:

(869-894 MHZ) Down link

(1930-1990 MHZ) Down  
link

- Regulables en potencia
  - Al activar los dispositivos, y mantener la potencia en la mínima posible, el piso de ruido deberá encontrarse entre -90 y -100 dBm, para que de esta manera el equipo no esté produciendo una señal parasita, estas pruebas se logran realizar gracias al analizador de espectros.
- El segundo armónico producido por el equipo deberá tener una atenuación mínima de -40 dB respecto a la potencia media producida en la frecuencia central.
- La relación señal a ruido deberá ser mínimo de -30 dB.
- La variación en la amplitud de la señal no sea mayor que +/- 1 dB.
- Especificar el lugar en donde se vaya a implementar el dispositivo y el área de inhibición que se pretende.
- Los equipos deberán ser regulables en potencia; la potencia máxima de salida no deberá ser mayor a 500mW, exclusivamente para los inhibidores a ser instalados en las agencias o locales de las entidades públicas y privadas del sistema Financiero

## Nacional

Las razones por las que se prohíbe el uso de los *jammers* o bloqueadores de señales se encuentran en el asegurar el cumplimiento de las obligaciones de los proveedores de servicios, el proteger los sistemas de radiocomunicaciones que operan bajo una licencia, el mantener el régimen de administración de frecuencias, el evitar la posible exposición humana a niveles de radiación no controladas y el proteger la recepción de llamadas importantes (Cuzco, 2015. p.8).

Por lo expuesto anteriormente se concluye que es ilegal interferir un servicio de telecomunicaciones de cualquier forma, sin embargo la utilización de inhibidores de señal ha ido creciendo en el Ecuador en los últimos años principalmente por razones de seguridad.

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se utilizó el método comparativo entre algunos dispositivos y tecnologías necesarias para la implementación del inhibidor de señal celular, ya que en el mercado existen varios elementos que pueden realizar la misma función, pero se los puede diferenciar por características especiales de los mismos, por lo cual se realizó un estudio minucioso de los elementos y tecnologías necesarios para este trabajo y a través de un análisis se clasificó oportunamente la elección de los mismos.

Además se utilizó el método deductivo para determinar el desempeño de algunas variables en el inhibidor de telefonía celular, a través de mediciones tomando en cuenta parámetros como: consumo energético y el análisis de cobertura, lo cual nos ayudara en la elección de las mejores alternativas para la implementación de nuestro dispositivo.

Además de tomar en cuenta los elementos y tecnologías adecuadas es importante tener en consideración el medio o espacio físico donde se va a implementar el dispositivo, al ser un sistema para bloquear las comunicaciones celulares se decidió implantarlo en un laboratorio de la FIE.

#### 2.1. Estrategias de jamming

Cuando se pretende bloquear sistemas los cuales utilizan señales anti bloqueo, el dispositivo inhibidor procederá a emitir señales portadoras en banda base las cuales pueden ser moduladas a través de impulsos o una señal de ruido.



### 2.1.1. *Jamming por ruido*

Este tipo de estrategia jammer opera emitiendo una poderosa señal de ruido a la misma frecuencia del enemigo. Este tipo de señal ruido al introducirse puede ocupar todo el ancho de banda utilizado por la señal AJ.

Los efectos obtenidos no siempre serán los mismos por lo cual se considerara que atacar todo o una parte del ancho de banda será la manera más eficiente de interrumpir una comunicación.

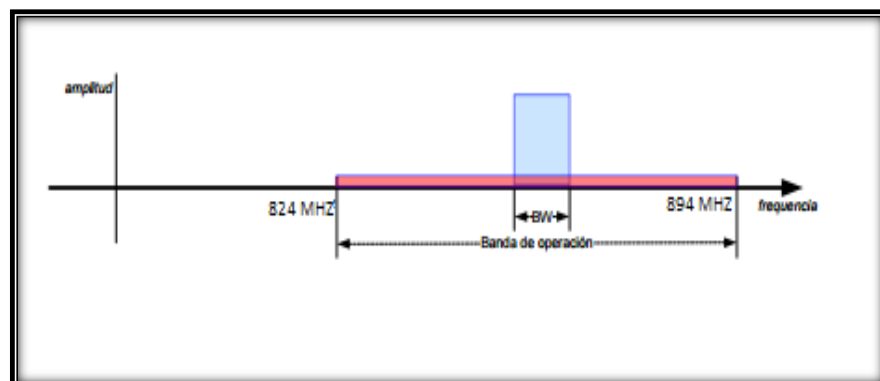
Esta estrategia se divide en jamming por ruido de banda ancha, jamming por ruido de banda parcial y jamming por ruido de banda angosta. (Nata, 2015:p.78)

#### 2.1.1.1. *Jamming por ruido de banda ancha*

Al ser un jammer de bamba ancha este se encarga de introducir energía en el espectro con un amplio margen de cobertura aumentado los niveles de ruido en el receptor.

La desventaja de esta estrategia de bloqueo se bebe a la potencia la cual es esparcida en todo la zona del espectro disminuyendo así su efectividad de bloqueo. (Díaz, 2012a:p.38)

En la Figura 2.1 se ilustra cómo opera este tipo de jammer suponiendo un rango de frecuencias de 824 a 894 MHz en el cual se concentrara el objetivo del jammer.



**Figura 2-1** Operación de jammer de banda ancha

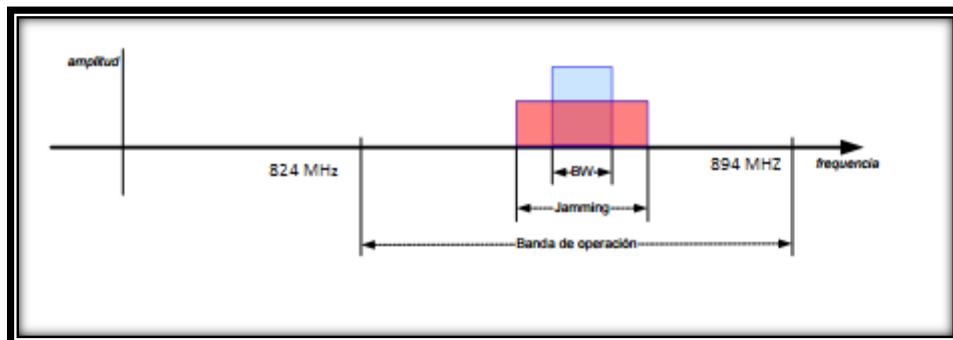
Fuente: López E, 2016

### 2.1.2. *Jamming por ruido parcial*

Este tipo de estrategia por ruido parcial es casi similar al de banda ancha, ya que también introduce energía al espectro pero se diferencia en el rango de cobertura ya que cubre algunos canales de una parte específica del espectro.

La emisión de ruido se lo puede realizar utilizando el mismo transmisor y antena a canales diferentes, pero para llevar esto a cabo, se necesita de generadores diferentes para cada canal.

En relación al anterior este tipo de jamming es ideal ya que no malgasta mucha potencia. En la mayoría de los casos no se utiliza todo el espectro, sino solo donde se requiera interferir la comunicación. La Figura 2-2 nos da a conocer la parte del espectro donde están los canales de sincronización y así ver que es más efectivo es interferir una parte del espectro y no todo el ancho de banda. Al no existir la sincronización la comunicación llega a ser fallida. (Díaz, 2012b:p.39)



**Figura 2-2** Operación de jammer de banda parcial

Fuente: López E, 2016

### 2.1.3. *Jamming por ruido de banda angosta*

Este tipo de estrategia suele ser utilizado cuando se ataca a una frecuencia específica. La energía podría cubrir el ancho de banda de todo o una parte del canal.

Lo que la diferencia de las demás es la potencia utilizada y el área de cobertura en el espectro.

Se lo utiliza en sistemas de comunicación DSSS (Espectro Disperso por Secuencia Directa), ya que según las especificaciones del estándar IS-95 para la telefonía celular, nos dice que se emplean en sistemas sensibles a fuertes señales en el receptor.

La eficiencia dependerá mucho de encontrar los canales adecuado en el espectro para realizar la interferencia.

La potencia se podrá canalizar a una pequeña parte del espectro, lo que resulta ser muy ventajoso. (Díaz, 2012c:p.39)

## **2.2. Jamming por pulsos**

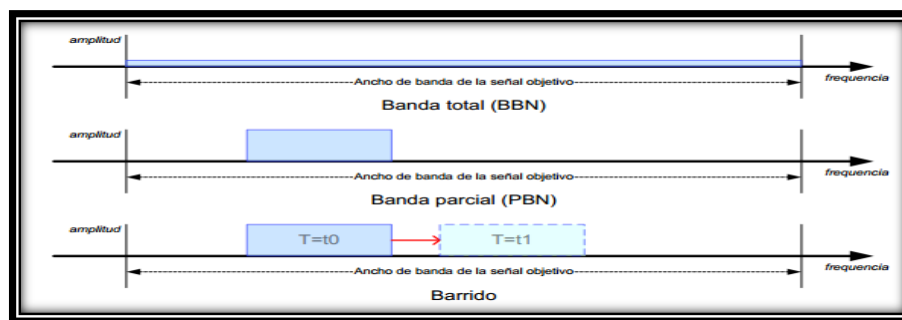
Para este tipo de jammer tomar en cuenta el ancho del espectro cubierto no es factor predominante, ya que el tiempo de encendido es más importante. Tiene similitudes con el jammer de banda ancha ya que al estar en funcionamiento envía pulsos que cubren una gran parte del espectro, también presenta similitudes al jamming de banda parcial ya que permite ahorrar mucha potencia, si el ciclo de trabajo es tomado en cuenta.

## **2.3. Jamming por barrido**

El jammer por barrido trabaja en todos los canales que se encuentran en la banda de frecuencias, por lo que es aconsejable tenerlo cerca del enemigo antes de tenerlos cerca de sistemas amigos, ya que opera con una cobertura considerable a su alrededor.

La forma de operar de este jamming es introducir ruido en una pequeña porción del espectro, y una vez colocada esta señal, esta realiza un barrido por todo el ancho de banda que ocupa la señal.

Este barrido debe ser tan rápido como para identificar la frecuencia en la que se encuentre la señal pero sin llegar a una velocidad tal, que cuando se sitúe sobre el salto se tenga efecto solamente sobre una parte de él (Díaz, 2012d:p.39).



**Figura 2-3** Funcionamiento del *Jammer* por barrido

Fuente: (Díaz J, 2012.)

## 2.4. Jamming por seguimiento

Esta técnica interfiere las frecuencias usadas por cada salto lo cual disminuye la interferencia cocanal o canal adyacente.

También se le da el nombre de *jamming* de respuesta y *jamming* de repetición. El modo de funcionamiento de esta estrategia es localizar la frecuencia a la cual salto la señal y emplear el *jammer* por ruido, tonos o pulso. Se aplica a sistemas FHSS.

Sus limitantes están relacionadas con el tiempo y la potencia, ya que se aplica a más de un canal.

La frecuencia del transmisor, así como la frecuencia de sintonía del receptor, se cambian rápidamente de manera que el *jammer* que opera en una frecuencia fija, tiene un efecto mínimo de toda la transmisión. Por estas razones la complejidad de estos sistemas es bastante alta y a pesar de ser una estrategia eficiente cuando se diseña correctamente, no representa una opción sencilla de implementación (Nata, 2015:p.82).

Los objetivos para realizar el ataque dependen del lugar donde se encuentren, ya que si la distancia entre el transmisor, receptor y el *jamming* es considerable el sistema realiza saltos lo cual produce un *jamming* ineficaz.

## **2.5. Jamming por tonos**

Esta estrategia consiste en colocar un *single tone* (ST), o varios, *multiple tone* (MT), tonos a lo largo del ancho de banda donde se encuentre la señal anti *jammer* (AJ).

La eficiencia de esta técnica depende completamente del lugar en el espectro donde se coloque los pulsos (Nata, 2015:p.82).

En un sistema DSSS es posible emplear *single tone jamming* para modificar el Offset en los receptores y ocasionar que se sobrepase el nivel máximo de la señal, lo que produce que no se pueda recibir la información (Díaz, 2012e:p.39).

## **2.6. Jamming inteligente**

Es común que cuando se aplica alguna estrategia de *jamming* sobre una señal AJ, se desperdician recursos y no siempre se elige la opción más adecuada. Cuando se conoce como funciona el sistema que se desea atacar, se puede optimizar los recursos.

Realmente el *jamming* inteligente no es una estrategia como las anteriores, sino que se refiere al estudio del ruido blanco para lograr mejores resultados (Díaz, 2012f:p.39).

## **2.7. Clasificación de los *jammers***

Tomando en cuenta las estrategias los *jammers* se clasifican en cuatros tipos, lo cual la elección de los mismos dependerá de una aplicación específica.

### **2.7.1. Jammer constante**

Este tipo de *jammer* emite una señal de radio continuamente. Utiliza las estrategias de ruido y la de barrido. Su facilidad de implementación es su principal ventaja.

Pero no es recomendable utilizarlo en aplicaciones donde se necesita que pase desapercibido, debido a que emite grandes niveles de ruido por lo que su detección es muy fácil, también otro inconveniente a tomar en cuenta es el uso excesivo de potencia al momento de su funcionamiento (Díaz, 2012g: p.39).

### **2.7.2. Jammer de engaño**

Pertenece al *jamming* inteligente, su operación consiste en enviar señales que parecen ser legítimas, ocasionando conflictos en el receptor por no recibir información alguna. Su mayor ventaja es que es menos propenso a ser detectado, pero la potencia utilizada sigue siendo un factor a tomar en cuenta.

### **2.7.3. Jammer aleatorio**

Funciona cada ciertos tiempos y por otros deja de hacerlo, este ciclo de trabajo es configurado de acuerdo al lugar donde se lo va a aplicar.

Utiliza estrategias de ruido, pulsos, tonos y por barrido. Su detección se realiza mediante un análisis de la red, debido a que su funcionamiento no es constante el ahorro de potencia es considerable.

### **2.7.4. Jammer reactivo**

Es el más complejo pero es el que tiene menos probabilidad de ser detectado. Su funcionamiento consiste en censar la red para saber el momento en el que debe operar el jammer.

Podría pensarse que el consumo de potencia es mínimo. Sin embargo, a pesar de no ser excesivo si se requiere determinada potencia para estar monitoreando la actividad de la red.

Una vez que se detecta el envío de la señal, se realiza un *jamming* por ruido, por tonos o por pulsos (Díaz, 2012h: p.39).

## **2.8. Elección del tipo y técnica *jammer***

Como ya analizamos las diferentes técnicas y tipos de *jammers* anteriormente se pudo llegar a determinar que la estrategia por barrido es la más idónea para ser utilizada en este proyecto, las razones por lo que se eligió esta técnica son las siguientes.

- La forma de optimización de la potencia, lo cual se debe a que no trabaja en todo el ancho del espectro, sino que utiliza la potencia en un lugar y momento determinado.
- Debido al barrido interfiere una pequeña porción del espectro, en un periodo corto de tiempo, lo que le ayuda a acaparar un amplio rango de frecuencias.
- Realiza el barrido en áreas específicas del espectro, identificando así áreas enemigas y dejando las comunicaciones amigas intactas.

La potencia que requerían las demás técnicas fue un factor principal para elegir la técnica de *jamming* por barrido en relación a las demás.

El tipo de *jammer* que se eligió es el de tipo constante ya que es el más sencillo a la hora de operar en relación a los demás.

## **2.9. Requerimientos y parámetros del sistema**

### **2.9.1. *Requerimientos de usuario***

Tomando en cuenta la incorrecta utilización de los sistemas celulares, al momento de realizar una llamada o enviar un mensaje, los inhibidores de señal celular pueden ser implementados en cualquier lugar, pero siempre tomando en cuenta la normativa vigente que rigen este tipo de dispositivos.

El prototipo se lo construirá con fines educativos, el cual no tiene ningún fin comercial. Por lo cual se lo implementara en un laboratorio FIE, por lo que el proyecto va dirigido para los estudiantes de la institución.

El dispositivo a implementar será usado para las siguientes actividades:

- Para que los alumnos centren su atención y mantener una actitud correcta hacia el aprendizaje.
- Para impedir que los alumnos utilicen las redes sociales en sus teléfonos para compartir información de exámenes al momento de rendirlos.
- Para mantener la tranquilidad en la hora de clase, ya que es molesto para muchos alumnos recibir llamadas en la hora de clase.

### **2.9.2.     *Requerimientos de hardware***

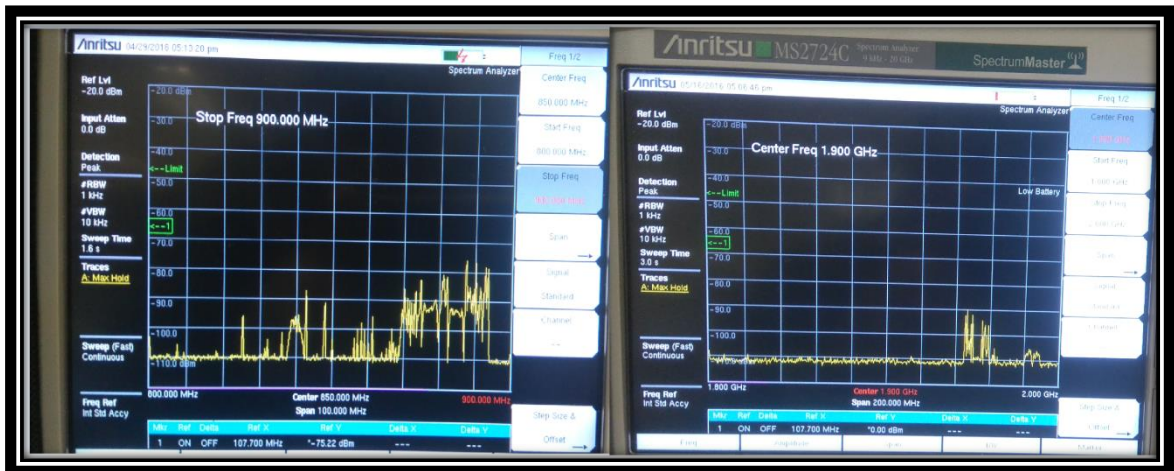
Para la elaboración del prototipo el cual nos permita bloquear las señales de la telefonía celular se consideró tres aspectos importantes como: potencia, frecuencia y tipo de antena.

**Potencia:** La potencia utilizada va a estar estrechamente relacionada con la normativa de regulación de los dispositivos inhibidores, por lo cual se considerara una potencia no muy fuerte.

A continuación se da a conocer la potencia que se requerirá y la distancia a interferir atreves de cálculos matemáticos. Como punto de partida es conocer y calcular el campo eléctrico mediante la potencia recibida por las frecuencias de 850 y 1900MHz en el laboratorio de la facultad de informática y electrónica, escuela de telecomunicaciones y redes.

Estos datos se obtuvieron mediante un analizador de espectro el cual nos facilitó la escuela misma, el analizador de espectro es de marca ANRITSU, los datos obtenidos es de 78dBm para la frecuencia de 850MHz y de 86.7dBm para la frecuencia de 1900MHz en el interior lo cual podemos observar en la Figura 2-4





**Figura 2-4** Potencia recibida en el laboratorio de la FIE

Fuente: López E, 2016.

Para los cálculos se consideró un radiador omnidireccional, y por ende una antena dipolo omnidireccional de media onda la cual por ficha técnica tiene una directivita de 1.64 dB, este valor nos será de gran utilidad al momento de realizar nuestros cálculos.

### Simbología y unidades

$\lambda$  = longitud de onda

$c$  = Velocidad de la luz

$f$  = Frecuencia

$R$  = Distancia

$D$  = Directividad de la antena

$\varphi$  = Densidad de Potencia radiada

$E$  = intensidad de campo

$P_t$  = Potencia Radiada

### Cálculos para interiores

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8 \text{ m/s}}{850 \text{ MHz}} = 0,33\text{m}$$

$$Pr = -86.7 \text{ dBm} \quad \rightarrow \quad \text{Potencia recibida de la estacion base}$$

### Convertir de dBm a Watts

$$-86,7 \text{ dBm} - 30 = -116,7 \text{ dB} \quad \rightarrow \quad 10^{\frac{-116}{10}} = 2,137 \text{ pW}$$

### Intensidad de campo

$$E = \sqrt{\frac{Pt * 4 * 80 * \pi^2}{\lambda^2}}$$

$$E = \sqrt{\frac{2,137 \text{ pW} * 4 * 80 * \pi^2}{0,33^2}} = 0,248 \text{ mV/m}$$

### Densidad de potencia radiada

$$\varphi = \frac{E^2}{120\pi}$$
$$\varphi = \frac{(0,248 \text{ mV/m})^2}{120\pi} = 0,163 \text{ nW/m}^2$$

Primero calculamos la intensidad de campo, luego con el valor obtenido se procedió a calcular la densidad de potencia recibida, para después con el valor de densidad de potencial calcular el valor de la potencia radiada la cual se propagará en un radio no mayor a 3m.

### Potencia radiada

$$Pt = \frac{\varphi * 4 * \pi * R^2}{D}$$
$$Pt(3m) = \frac{0,163 \text{ nW/m}^2 * 4 * \pi * 2,5^2}{1,64} = 11,24 \text{ mW}$$

### Conversión de la potencia de watts a dBm

$$P(\text{dBm}) = 10 \log_{10}(P(\text{mW}))$$
$$P(\text{dBm}) = 10 \log_{10}(11,24 \text{ mW})$$
$$P(\text{dBm}) = -55,51 \text{ dBm}$$

El valor obtenido es de -55,55dBm, este valor representa la potencia radiada necesaria para cubrir un alcance de 2.5m, distancia más que suficiente para bloquear las comunicaciones en el área determinada en la institución.

### **Parámetros del *jammer* en frecuencia a tomar en cuenta**

La frecuencia a la cual se va a trabajar es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta a la hora de construir el *jammer*, para nuestro caso las bandas donde se realizara el bloqueo es la de 850 y 1900 MHz.

Estas frecuencias que pertenecen al espectro radioeléctrico se tomaron en consideración ya que a través de ellas realizan la comunicación de voz, datos y mensajes de texto las principales operadoras móviles que operan en el país.

### **Selección del tipo de antena**

Como ya estudiamos anteriormente lo que es una antena y sus diferentes tipos en el capítulo anterior para la implementación de nuestro dispositivo utilizaremos una antena omnidireccional, ya que es ideal por irradiar energía en casi todas las direcciones teniendo así un patrón de radiación de forma esférica siendo excelente para nuestro caso.

#### **2.9.3. *Requerimiento de software***

En este apartado realizaremos un análisis comparativo de dos herramientas multimedia, para realizar el análisis se tomara en cuenta las características de cada una de ellas en función al proyecto a realizar.

PROTEUS es un sistema de automatización de diseño electrónico basado en simulaciones analógicas y digitales que ayudan a la integración de muchos elementos en un circuito. Además ayuda a la construcción de proyectos en todas sus posibles etapas como: diseño, simulación, depuración y construcción. Cuenta con cuatro componentes integrados entre sí tales como: ISIS, VSM, PROSPICE, ARES. Las principales características son:

- Entorno de diseño gráfico de esquemas electrónicos (ISIS) fácil de utilizar y con un gran número de herramientas para facilitar el trabajo al diseñador.
- Entorno de diseño de placas de circuito impreso (ARES) de muy buenas prestaciones, proporciona automáticamente la posición de cada elemento, generación automática de pistas con tecnología de auto corte y regeneración.
- Ejecutable en cualquier sistema operativo
- La mayoría de módulos que lo componen garantizan la compatibilidad e interoperabilidad de herramientas que componen el entorno de PROTEUS

SIMULINK es una de las herramientas incluidas en Matlab, es un entorno de simulación y diseño de dominios, basado en sistemas dinámicos. Proporciona un entorno gráfico interactivo y un conjunto de bloques que permiten diseñar, simular, implementar y probar una variedad de sistemas en especialidades de comunicaciones, procesamiento de señales e imágenes.

Esta herramienta presenta las siguientes características.

- Amplia gama de bloques predeterminados
- Editor de gráficos para ensamblar y administrar los bloques
- Capacidad de administrar diseños complejos
- Programación de aplicaciones que permitan conectar con otros programas de simulaciones

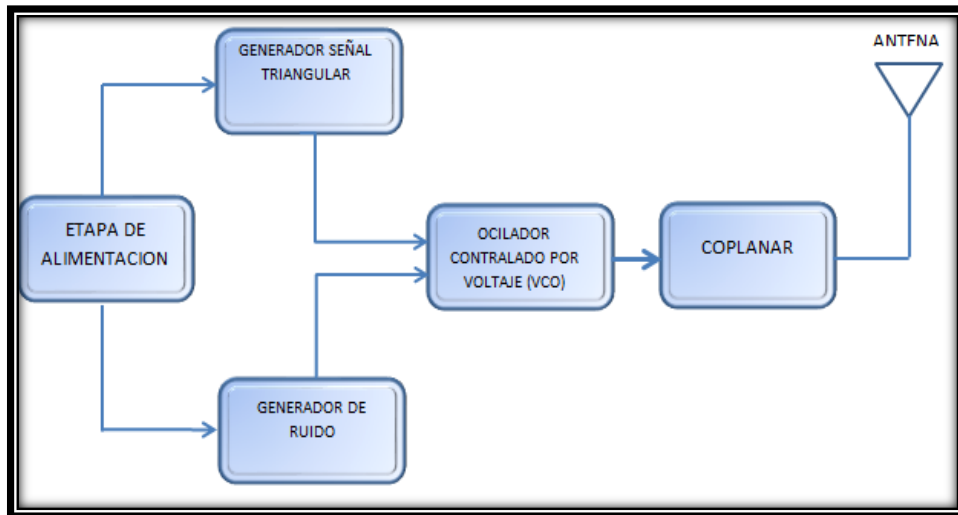
Después de analizar cada una de las herramientas en función de las características que prestan para el diseño e implementación de circuitos electrónicos se eligió PROTEUS ya que este software nos proporciona una amplia gama de componentes electrónicos, un entorno gráfico amigable para el diseñador, y a su vez sus componentes nos ayudan a exportar los diseños a PBC también nos ayuda con el diseño de pistas.

### **2.9.3.1. Diagrama esquemático del jammer**

Para la elaboración del *jammer* tomaremos en cuenta componentes básicos como un generador de señal y un transmisor. El generador tendrá la función de emitir la señal con la cual el transmisor trabajará

La señal que emite el generador no posee información útil, por lo cual se puede generar utilizando un oscilador o a su vez un generador de onda. Esta señal generada deberá transmitirse con una potencia superior a la cual trabajan los sistemas a interferir suprimiendo así la comunicación existente entre el emisor y receptor del sistema a interferir.

La siguiente Figura 2-5 muestra las secciones que componen el jammer.



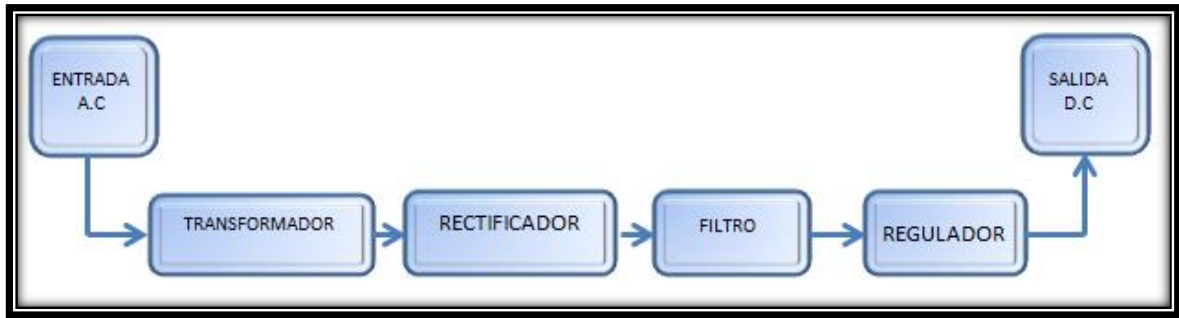
**Figura 2-5** Diagramas de bloques del *jammer*

Fuente: López E, 2016

### 2.9.3.2. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es la encargada de convertir la tensión alterna de entrada en una tensión totalmente continua a la salida de todos sus componentes.

La fuente de alimentación está compuesta de elementos fundamentales los cuales se dan a conocer en el esquema de bloques de la Figura 2-6



**Figura 2-6** Diagramas de bloques de la sección de oscilación

Fuente: López E, 2016

A continuación se detallara todas las secciones y componentes que conforman una fuente de alimentación.

### **Transformador**

El transformador es considerado como un dispositivo electrónico el cual tiene como finalidad aumentar o disminuir la tensión alterna de entrada pero manteniendo la potencia de la misma, está conformado por bobinas primarias y secundarias las cuales dependiendo del número de espiras que tengan la inducción magnética será la ideal a la salida.

### **Rectificador**

La etapa de rectificación va a la salida del transformador el cual tiene la obligación de transformar la tensión de salida del transformador en una tensión continua. En esta sección se utiliza puentes de diodos ya sean estos de media o de onda completa.

### **Filtrado**

Esta etapa se ubica después de la rectificación en donde como objetivo principal es mejorar la corriente continua y así no tener variaciones de amplitud a la salida.

Para determinar el tipo y capacidad del capacitor se realizó los cálculos correspondientes tomando en cuenta la tensión que nos provee el transformador el cual es de 12V.

$$V_{max} = \sqrt{2} * V_o$$

$$V_{max} = \sqrt{2} * 12V$$

$$V_{max} = 17V$$

El valor obtenido es el voltaje máximo pero toca considerar el consumo de los diodos en este caso al ser de silicio el consumo de estos es de 0.7V, como estamos utilizando dos el valor a restar del voltaje máximo sería 1.4V.

$$V_{max} = 17V - 1,4V$$

$$V_{max} = 15,6V$$

Con el voltaje máximo ideal utilizamos la siguiente fórmula para determinar el valor del condensador

$$C = \frac{5 * I}{f * V_{max}}$$

$$C = \frac{5 * 1A}{120MHz * 15,6V}$$

$$C = 2670\mu f$$

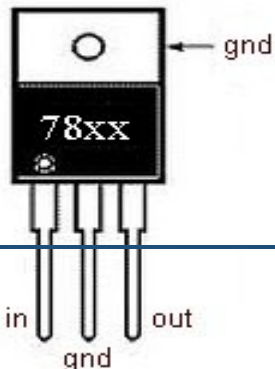
Estos resultados obtenidos serán considerados como hipotéticos ya que se considera aproximaciones al mismo para ver la disponibilidad del mercado y así poder adquirirlos.


En este caso elegiremos un condensador de 4700 $\mu f$  ya que es el más ideal y disponible en el mercado.

## Regulador

Para esta etapa se consideró todas las posibilidades tomando en cuenta las necesidades del dispositivo y a la disponibilidad del mercado. Una de las alternativas fue los reguladores de la familia de los 78XX y la otra los convertidores de voltaje los cuales se detallan en la tabla 2-1

**Tabla 2-1** Características de los circuitos reguladores

Elemento		Características
7805		Voltaje de salida: 5V Corriente de salida max: 1 A Voltaje de entrada max: 35 V Voltaje dropout típico: 2 V Protección contra sobrecarga

		<p>térmica</p> <p>Protección contra cortocircuito</p> <p>Encapsulado: TO-220</p>
7808		<p>Voltaje de salida: 8 V</p> <p>Corriente de salida max: 1 A</p> <p>Voltaje de entrada max: 35 V</p> <p>Voltaje dropout típico: 2 V</p> <p>Protección contra sobrecarga térmica</p> <p>Protección contra cortocircuito</p> <p>Encapsulado: TO-220</p>
7824		<p>Voltaje de salida: 24 V</p> <p>Corriente de salida max: 1 A</p> <p>Voltaje de entrada max: 35 V</p> <p>Voltaje dropout típico: 2 V</p> <p>Protección contra sobrecarga térmica</p> <p>Protección contra cortocircuito</p> <p>Encapsulado: TO-220</p>
LM - 2596		<p>Voltaje de entrada: 3.2-40V. DC</p> <p>Voltaje de salida: 1.25-35V. DC</p> <p>Corriente de salida: 3A (Pico), para trabajar con 2.5A por mucho tiempo se recomienda usar un disipador de calor.</p> <p>Frecuencia de conmutación: 150KHz.</p>



		Ripple de salida max: 30mV (). Rectificación: Asíncrona. Dimensiones aproximadas: 48 x 23 x 14 mm.
--	--	--

Fuente: López E, 2016

Para realizar la fuente de alimentación para nuestro proyecto se decidió elegir algunos elementos tanto de la familia de los 78XX y el modulo regulable LM-2596, ya que estos se ajustan a nuestras necesidades y disponibilidad del mercado.


### 2.9.3.3. *Circuito de sintonizador*



Esta etapa es la encargada de emitir una señal con un cierto nivel de tensión a la entrada del oscilador controlado por voltaje o más conocido como VCO, el tipo de señal a suministrar es una onda diente de sierra, la cual es ideal para nuestra aplicación ya que posee variaciones de voltajes lineales con sus voltajes pico lo cual ayuda a lograr un mejor barrido al VCO.

### 2.9.3.4. *Generadores de señales*

La gran variedad de generadores existentes en el mercado fue uno de los factores que se analizó. Atraves de este análisis se redujo las opciones a tres tipos los cuales detallaremos con cada una de sus características correspondientes, tabla 2-2.

**Tabla 2-2** Tipos y características de los generadores de señal

Elemento		Características
IC-741		Tensión de alimentación: +/-18 V Corriente de alimentación: 1.7 a 2.8 mA Formas de onda de salida: senoidal, cuadrada, triangular Frecuencia de trabajo: 1MHz

		<p>Amplitud de la salida: Variable hasta 5V</p> <p>Amplitud de las señales triangulares (max): 4V</p> <p>Amplitud de las señales rectangulares (max): 4V</p> <p>Amplitud de las señales senoidales (max): 4V</p>
XR-8038		<p>Tensión de alimentación: 10V a 30V DC</p> <p>Corriente de alimentación: 30mA</p> <p>Formas de onda de salida: senoidal, cuadrada y triangular</p> <p>Frecuencia de trabajo: 0,001Hz-200KHz</p> <p>Amplitud de la salida: Variable hasta 5V</p> <p>Amplitud de las señales triangulares (max): 5V</p> <p>Amplitud de las señales rectangulares (max): 5V</p> <p>Amplitud de las señales senoidales (max): 5V</p>
XR-2206		<p>Tensión de alimentación: 10V a 26V DC</p> <p>Corriente de alimentación: 12 y 17mA</p> <p>Formas de onda de salida: senoidal, cuadrada, triangular y rampa</p> <p>Frecuencia de trabajo: 0.01 Hz-1MHz</p> <p>Amplitud de la salida: Variable hasta 5V</p> <p>Amplitud de las señales triangulares (max): 3V</p> <p>Amplitud de las señales rectangulares (max): 6V</p> <p>Amplitud de las señales senoidales (max): 0,8V</p>

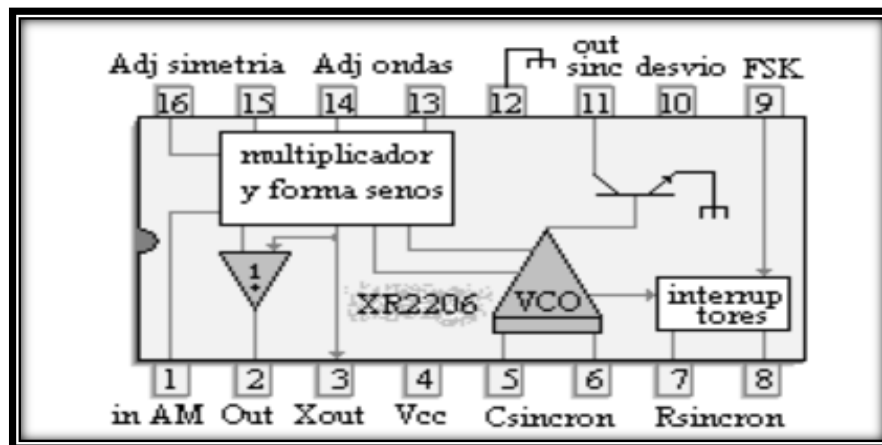
Fuente: López E, 2016

### Selección del integrado para el inhibidor de señal celular

Con el análisis realizado anteriormente en donde se analizó las características de cada uno de los tipos de generadores de señal llegamos a concluir que el XR- 2206 es el más ideal para utilizar como circuito de sintonizador, debido a que es un generador monolítico, y por producir las señales de muy buena calidad, estabilidad y exactitud.

Otras de las ventajas del XR-2206 es que la onda de salida se la puede modular tanto en amplitud como en frecuencia, este tipo de generador opera en intervalos de frecuencia de 0.01 Hz hasta intervalos superiores de 1MHz.

Para entender más sobre el funcionamiento de este generador, es necesario ver la distribución de pines y la constitución interna del mismo, para lo cual se consideró un circuito de prueba básico para el XR-2206 que se da a conocer en la Figura 2-7 el cual se obtuvo de la hoja de datos del elemento (Ver Anexo 1)



**Figura 2-7** Diagrama de bloques del generador monolítico de funciones XR 2206.

Fuente: HIRATA, 2010

El generador está compuesto de cuatro bloques los cuales se dan a conocer a continuación:

- Un VCO
- Un multiplicador y conformador analógico.
- Un amplificador de ganancia unitaria.
- Un conjunto de interruptores de corriente de entrada.

El VCO funciona por medio de un sistema no lineal, formado por un integrador y un comparador con histéresis. Un capacitor toma la función del integrador, alimentado por una fuente de corriente, la cual cambia de sentido de acuerdo a la salida del comparador, que a su vez compara el valor de tensión entre las terminales del capacitor. Por lo tanto, la frecuencia de este oscilador depende de la magnitud de la corriente y del capacitor utilizado. (Hirata, 2010a: p.17)

Como el VCO entrega una frecuencia proporcional a la corriente, ésta es regulada desde el módulo de interruptores de corriente con resistencias externas; lo cual nos permite colocar un potenciómetro en la terminal siete del XR2206 para variar la frecuencia. (Hirata, 2010b: p.18)

La frecuencia que se obtiene a la salida se puede modificar entre  $f_1$  y  $f_2$  al modificar el voltaje que se aplica al pin 9 del integrado. La siguiente fórmula se utiliza para calcular las frecuencias de operaciones correspondientes

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C}, \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C}$$

Dónde:

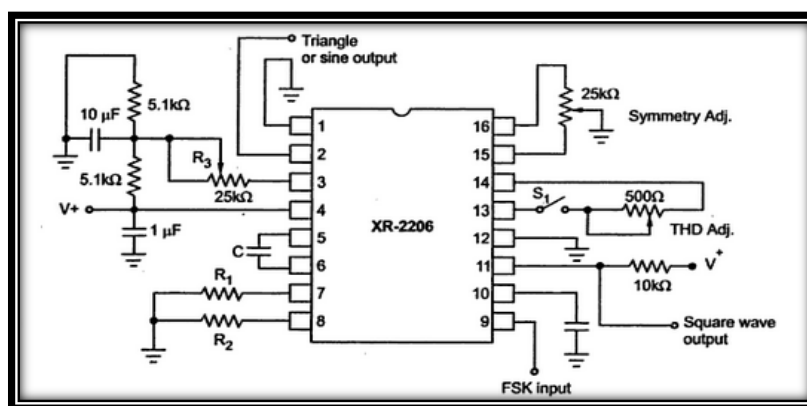
$R_1$ : Resistencia conectada al pin 7

$R_2$ : Resistencia conectada al pin 8

En el pin 2 tenemos la señal triangular o sinusoidal. Los pines 13 y 14 nos ayudan a ajustar la forma de la onda, donde el interruptor  $S_1$  está cerrado.

El potenciómetro conectado al pin 13 ayuda a ajustar la distorsión armónica. Con los pines 15 y 16 en los cuales se conecta otro potenciómetro controlamos la simetría de la forma de onda.

La configuración para un adecuado funcionamiento del XR-2206 se da a conocer en la Figura 2-8



**Figura 2-8** Configuración utilizada para el XR-2206.

Fuente: (HIRATA, 2010)

A continuación se muestra la tabla 2-3 en la cual se observa la distribución de pines del terminal XR-2206

**Tabla 2-3** Esquema de conexiones XR-2206

#Pin	Uso	Tipo
1	-Vcc	Entrada
2	Salida de la señal triangular y sinusoidal	Salida
3	Ajuste de amplitud	Salida
4	Vcc	
5	Capacitor de frecuencia	Entrada
6	Capacitor de frecuencia	Entrada
7	Resistencia de frecuencia	Salida
8	NC	
9	NC	
10	Referencia de voltaje interno	Salida
11	Salida de la señal cuadrada	Salida
12	-Vcc	
13	Ajuste de forma de onda	Salida
14	Ajuste de forma de onda	Salida
15	NC	
16	NC	

Fuente: (HIRATA, 2010)

#### **2.9.4. Acondicionamiento de la señal**

Para que el VCO trabaje dentro del rango de frecuencias que se necesita (850MHz y 1900MHZ), es necesario ajustar los niveles de la señal triangular para lo cual se utiliza un transistor 2N2222.

Este tipo de transistor es de tipo NPN de baja potencia, el cual tienes aplicaciones de amplificación y conmutación, además de amplificar corrientes a tenciones pequeñas trabaja a frecuencias que están en el rango de los 300MHz.

En la siguiente tabla 2-4 se presentan las principales características obtenidas de la hoja de datos del elemento (Ver Anexo 2).

**Tabla 2-4** Características del transistor 2N2222.

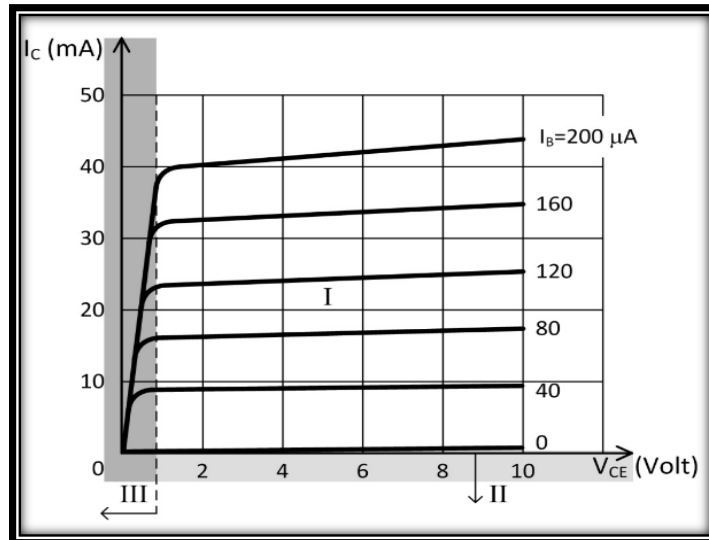
Voltaje colector emisor en corte	60 V ( $V_{ce0}$ )
Corriente de colector constante	800mA ( $I_c$ )
Potencia tota disipada	500mW( $P_d$ )
Ganancia	35 mínima
Frecuencia de trabajo	300Mhz ( $F_t$ )
Tiempo de respuesta	250 ns

Fuente: López E, 2016

#### 2.9.4.1. *Curva característica de salida*

La Figura 2-9 nos da a conocer la curva característica de  $I_c$  vs  $V_{ce}$  para el transistor 2N2222, la cual nos ayuda a determinar el punto de trabajo de un transistor bipolar ya polarizado.

Este tipo de transistor al ser bipolar trabaja con tenciones y corrientes en un mismo lugar y tiempo determinado.



**Figura 2-9** Curva característica de  $I_c$  vs  $V_{ce}$  para el transistor 2N2222

Fuente: <http://www.nexoformacion.es/admon/ficheros/fck/file/Polarizacion4.pdf>

A continuación se realiza los respectivos cálculos los cuales se tomaran en cuenta para el diseño, para esto se tomó en cuenta resistencias de 1,5K para el emisor y 2K para el colector, estos valores se tomaron para no sobrepasar la región de saturación del transistor. A continuación se realizan cálculos de corriente y potencia.

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_c + R_e}$$

$$I_c = \frac{16V}{2K\Omega + 1,5K\Omega} = 4,57 \text{ mA}$$

$$P_{cmax} = (V_{ce})(I_c)$$

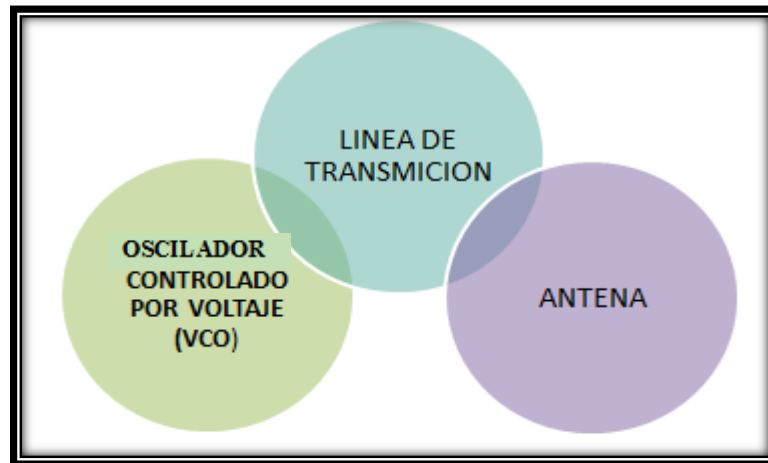
$$P_{cmax} = (16V)(4,57mA) = 73,12mA$$

Con los valores obtenidos podemos concluir que el transistor trabajara de manera adecuada, a consecuencia de que los valores están en dentro del rango de los niveles de potencia dados por el fabricante.

### 2.9.5. Etapa de radiofrecuencia (RF)

Esta etapa a diferencia de las demás es de vital importancia a la hora de realizar el proyecto, en esta etapa es donde finalmente se obtendrá la señal a ser emitida por el *jammer*.

Esta etapa está conformada por un VCO (oscilador controlado por voltaje), una línea de transmisión y una antena. Sin dejar a un lado las interfaces o conectores entre la línea de transmisión y la antena, como se observa en la Figura 2-10



**Figura 2-10** Diagrama de bloques de la etapa RF

Fuente: López E, 2016

#### **2.9.5.1. Oscilador controlado por voltaje (VCO)**

Este bloque de la etapa de radiofrecuencia es la parte central de nuestro *jammer*.

Un VCO es considerado como un dispositivo electrónico que utiliza circuitos resonantes, amplifica y retroalimenta la señal de salida, la señal que emite a una determinada frecuencia es proporcional a la tensión que se aplica a la entrada.

Por lo general este dispositivo emite una señal sinusoidal a la salida, a diferencia de los VCO digitales que emiten señales cuadradas este es el caso del timer 555. Como ya se mencionó antes acerca del modo de operación de un oscilador controlado por voltaje donde la tensión que se aplicaba a la entrada era de vital importancia para fijar la frecuencia de oscilación que se obtenía a la salida, es por esto que para que tenga un óptimo funcionamiento es necesario que el suministro de corriente sea continuo, para así lograr un barrido óptimo con la frecuencia de oscilación ideal.



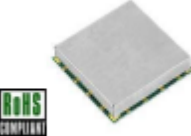


Cuando a la entrada del VCO se le aplica una tensión de 0V, en este caso el VCO emite una señal a una frecuencia libre de oscilación, una de las aplicaciones típicas del oscilador controlado por voltaje es generar y emitir señales moduladas en frecuencia (FM).

En la tabla 2-5 se analizara algunos modelos de osciladores controlados por voltaje, donde dependiendo de las características de los mismo se elegirá uno para la implementación del proyecto.

**Tabla 2-5** Características de los VCO's

Elemento	Grafico	Características
POS 2000A+	 <p>CASE STYLE: A06</p>	<p>Frecuencia de operación:  Mínima: 1370 MHz  Máxima: 2000MHz  Potencia de Salida: 12dBm  Voltaje de alimentación: 10V  Corriente de alimentación: 30mA  Tensión de sintonización: 1 a 20 V</p>
POS 1060	 <p>CASE STYLE: A06</p>	<p>Frecuencia de operación:  Mínima: 750 MHz  Máxima: 1060MHz  Potencia de Salida: 12dBm  Voltaje de alimentación: 10V  Corriente de alimentación: 30mA  Tensión de sintonización: 1 a 20 V</p>
JTOS 2000	 <p>CASE STYLE: BK377</p>	<p>Frecuencia de operación:  Mínima: 1370 MHz  Máxima: 2000MHz  Potencia de Salida: 12 dBm  Voltaje de alimentación: 12V</p>

		<p>Corriente de alimentación: 30mA</p> <p>Tensión de sintonización:1 a 22V</p>
ROS-2000-1419+	 <p>CASE STYLE: CK605</p>	<p>Frecuencia de operación:</p> <p>Mínima: 1720 MHz</p> <p>Máxima:2000MHz</p> <p>Potencia de Salida: 6 dBm</p> <p>Voltaje de alimentación: 10V</p> <p>Corriente de alimentación: 30mA</p> <p>Tensión de sintonización:1 a 10 V</p>
ROS-1150-519+	 <p>CASE STYLE: CK605</p>	<p>Frecuencia de operación:</p> <p>Mínima: 750MHz</p> <p>Máxima:7750MHz</p> <p>Potencia de Salida: 7 dBm</p> <p>Voltaje de alimentación: 5V</p> <p>Corriente de alimentación: 35mA</p> <p>Tensión de sintonización:0,5 a 13,5 V</p>
DCMO 80210-10		<p>Frecuencia de operación:</p> <p>Mínima:800 MHz</p> <p>Máxima:2100MHz</p> <p>Potencia de Salida: 6 dBm</p> <p>Voltaje de alimentación: 10V</p> <p>Corriente de alimentación: 35mA</p> <p>Tensión de sintonización:0.5 a 24V</p>

CVC055BE		Frecuencia de operación: Mínima:1750 MHz Máxima:2150MHz Potencia de Salida: 3 dBm Voltaje de alimentación: 5V Corriente de alimentación: 30mA
----------	---	--

Fuente: López E, 2016

Una vez realizado el análisis de cada uno de los osciladores controlados por voltaje, para elegir la mejor alternativa a parte de las características se tomó en cuenta algunos factores como precio y la disponibilidad en el mercado nacional.

Al ser integrados de muy poco uso fue imposible encontrarlos en el mercado nacional, por lo que se optó por la importación de estos, la opción más favorable para nuestro caso fue el oscilador controlado por voltaje de la empresa *mini-circuit*, en esta empresa se elaboraban distintos tipos y modelos de osciladores por lo que se eligió los modelos POS-1060 el cual hace un barrido desde los 750 MHz hasta los 1060 MHz y el POS-2000 el cual hace un barrido desde los 1370MHz hasta los 2000MHZ , los cuales cumplen todas nuestras necesidad para la implementación del *jammer*.

### **POS 1060**

Es un oscilador fabricado por la empresa *mini-circuit*, entra en operación cuando el voltaje que se suministra para el barrido es de 1 a 20 V, con lo que se consigue una frecuencia de salida de 667.98MHz a 1138.66 MHz, y tienen una potencia de salida típica de 12dBm.

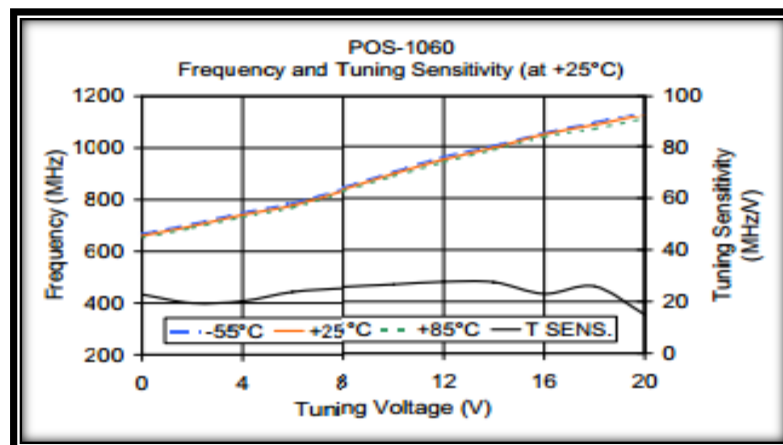
Con estos datos obtenidos de las hojas de especificaciones, donde las frecuencias de barrido cubren las bandas de operación de la tecnología GSM de las operadoras Claro, Movistar las cuales prestan el servicio de telefonía móvil celular en el Ecuador.

En la Tabla 2-6 y la Figura 2-11 observamos las características de tensión del VCO POS-1060 y su frecuencia de salida, estos datos son obtenidos de la hoja de datos del elemento en cuestión que se detalla en el Anexo 3, donde observamos que el voltaje necesario de sincronización es de 8 y 12 Voltios aproximadamente los cuales nos ayudan a cubrir el espectro de frecuencia deseado para la banda de 850MHz. (Minicircuit, 2016)

**Tabla 2-6** Relación entre el voltaje sintonizador y la frecuencia de salida POS-1060

Voltaje Tune (V)	Frecuencia (MHz)			Potencia de salida (dBm)		
	-55°C	+25°C	+85°C	-55°C	+25°C	+85°C
0	667.98	660.15	652.46	11.14	10.85	10.25
2	705.71	697.66	690.63	10.98	10.98	10.90
4	749.19	741.35	732.14	12.00	11.56	11.00
6	786.40	777.56	770.01	11.90	12.04	12.05
8	841.58	833.68	826.97	12.52	12.45	12.15
10	901.15	893.70	884.16	12.85	12.52	12.11
12	959.47	949.31	938.49	12.63	12.33	12.14
14	1002.41	994.54	986.85	12.48	12.54	12.51
16	1025.01	1046.38	1037.38	12.20	12.00	11.60
18	1092.75	1083.05	1067.83	11.49	11.64	11.86
20	1138.66	1124.15	1108.01	12.03	11.92	11.49

Fuente: Minicircuit, 2016



**Figura 2-11** Diagrama Vdc vs Frecuencia del VCO POS-1060

Fuente: Minicircuit, 2016

## POS 2000

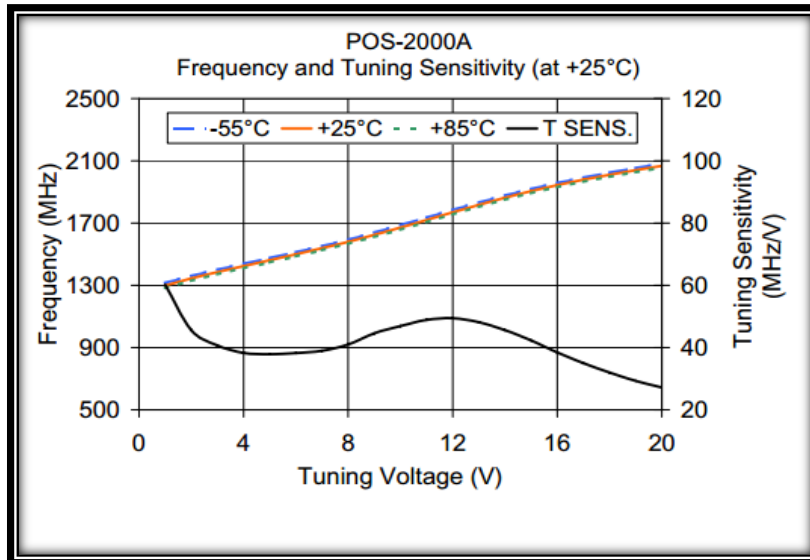
Para proceder a realizar el bloqueo de la frecuencia de los 1900MHz en la cual trabaja la operadora CNT, la opción más recomendable fue el VCO POS-2000. El voltaje que se suministra para el barrido es de 1 a 20 V, con lo que se consigue una frecuencia de salida de 1315.76MHz a 2081.17MHz, y una potencia de salida típica de 12dBm.

En la Tabla 2-7 y la Figura 2-12 se muestran las características de tensión del VCO ROS-2000 y su frecuencia de salida que se obtuvo de la hoja de datos de elemento (Ver Anexo 4), en las mismas que se puede observar que el voltaje de sintonización deberá ser variado entre 14 y 16 Voltios aproximadamente para cubrir el espectro de frecuencia en la banda de 1900MHz. (Minicircuit, 2016)

**Tabla 2-7** Relación en el voltaje sintonizador y la frecuencia de salida POS-2000

Voltaje Tune (V)	Frecuencia (MHz)			Potencia de salida (dBm)		
	-55°C	+25°C	+85°C	-55°C	+25°C	+85°C
1	1315.76	1298.69	1282.39	12.68	12.62	11.97
2	1360.30	1344.30	1329.07	12.83	12.43	11.39
3	1400.13	1384.99	1370.50	12.91	12.72	11.73
4	1438.08	1423.27	1409.23	12.52	12.43	11.39
5	1475.67	1461.15	1447.41	12.15	12.08	11.28
6	1513.49	1499.36	1485.93	11.89	11.71	10.78
7	1552.21	1538.33	1525.27	12.09	11.86	10.80
8	1593.01	1579.31	1566.39	11.92	11.78	10.88
9	1639.49	1632.89	1610.31	11.61	11.43	10.62
10	1686.88	1670.81	1556.97	11.39	10.92	10.05
11	17.35.04	1719.71	1705.7	11.57	11.18	10.00
12	1784.37	1769.13	1755.29	11.55	11.02	10.16
13	1831.94	1817.28	1803.71	10.84	10.61	9.70
14	1877.13	1862.89	1849.52	10.86	10.64	9.49
15	1919.10	1905.19	1891.96	10.89	10.67	9.51
16	1957.47	1943.64	1930.56	10.97	10.88	9.80
17	1992.45	1978.64	1965.61	10.42	10.40	9.58
18	2024.60	2010.62	1997.48	10.26	10.14	9.19
19	2054.18	2039.91	2026.75	10.12	10.11	9.13
20	2081.17	2067.0	2053.70	10.36	10.07	9.07

Fuente: Minicircuit, 2016



**Figura 2-12** Diagrama Vdc vs Frecuencia del VCO POS-2000A

Fuente: Minicircuit, 2016

Hay que tomar en cuenta que los VCO's utilizados para realizar el barrido correspondiente, existe frecuencias las cuales resultan ser afectadas por el funcionamiento de los VCO's.

En la Tabla 2-8 se muestra las frecuencias asignadas las cuales son interrumpidas por el funcionamiento de los VCO's. Pero después de realizar un análisis minucioso de las frecuencias afectadas, se concluyó que estas comunicaciones no son utilizadas en el sitio donde se va a implementar el *jammer*.

**Tabla 2-8** Asignación de frecuencias (Plan Nacional de Frecuencias MINTEL).

Frecuencia (MHz)	Asignación
890 - 902	Móvil aeronáutico, radio localización
1215 - 1300	Exploración de la tierra por satélite
1518 -1559	Móvil por satélite (espacio - tierra)
1668 -1668.4	Móvil por satélite (tierra - espacio)
1668.4 - 1670	Ayuda a la meteorología, móvil por satélite

Fuente: López E, 2016

### 2.9.5.2. Líneas de transmisión

Para la implementación de la línea de transmisión se tuvo que elegir de diferentes tipos, siendo la más adecuada para nuestro caso la línea de tipo planar la cual presenta características tales como transmitir eficientemente a altas frecuencias y adaptarse perfectamente a un circuito impreso.

Con el análisis realizado anteriormente, sobre los tipos de líneas las cuales son: microcinta (*microstrip*), la línea de ranura (*stripline*), y la guía de onda coplanar (coplanar *waveguide*).

Para elegir la línea de transmisión ideal para nuestro proyecto se tomó en cuenta el tipo de montaje superficial que tenga nuestro VCO ya que es necesario que este tenga conexiones a tierra por lo que se eligió una línea de tipo coplanar, la cual con las dimensiones correctas lograremos un acoplamiento ideal de  $50\Omega$ .

### Antena e interfaces


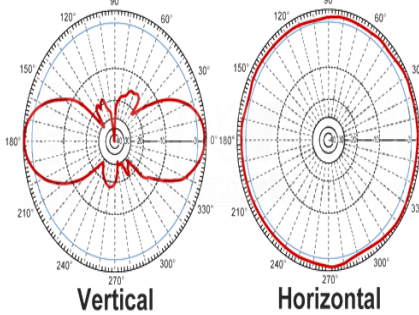

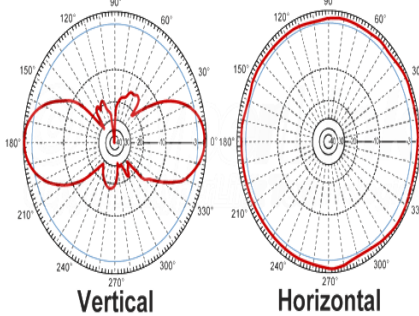
Este elemento es de vital importancia para el transmisor, ya que desde este punto es donde se irradia la señal, lo cual depende de algunos factores como:

- Ancho de banda (BW)
- Ganancia (parámetro para determinar el área de cobertura)
- Perdidas
- Potencia de transmisión
- Impedancia característica ( $Z_0$ )

Existen muchos tipos de antenas disponibles en el mercado, para nuestro caso escogimos antenas tipo omnidireccional de alto rendimiento.

En la tabla 2-9 detallamos las características de dos tipos de antenas las cuales son necesarias para nuestra implementación.

**Tabla 2-9** Tipos y características de las antenas

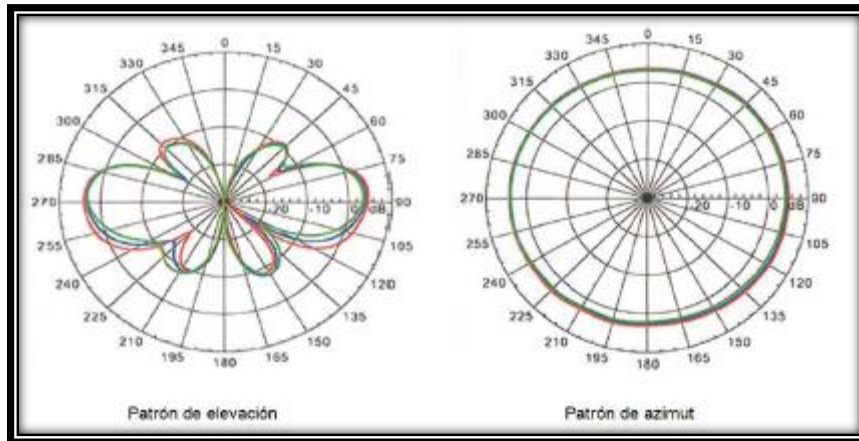
Elemento	Grafico	Características	Tipos de polarización
VER-900		<p>Frecuencia: 824 – 960 MHz                      Ganancia: 3dBi                      Amplitud vertical: 30°                      Independencia: 50 Ω                      Entrada max. Energía: 100 W                      VSWR &lt; 1.5:1 avg.                      Temperatura de operación: -40°C ~ 85°C</p>	 <p style="text-align: center;">Vertical                      Horizontal</p>
VER-900		<p>Frecuencia: 1930-1990 MHz                      Ganancia: 3dBi                      Amplitud vertical: 30°                      Independencia: 50 Ω                      Entrada max. Energía: 100 W                      VSWR &lt; 1.5:1 avg.                      Temperatura de operación: -40°C ~ 85°C</p>	 <p style="text-align: center;">Vertical                      Horizontal</p>

Fuente: López E, 2016

Como ya se mencionó anteriormente el patrón de radiación de este tipo de antenas es omnidireccional, en la Figura 2-13 se puede observar dos graficas donde:

La primera representa el patrón de elevación y la segunda el patrón de azimut. Tomando en cuenta la elevación de la antena esta varia entre 0° y 90° gracias a su base movable, por lo que puede tener dos tipos de polarizaciones horizontal y vertical.



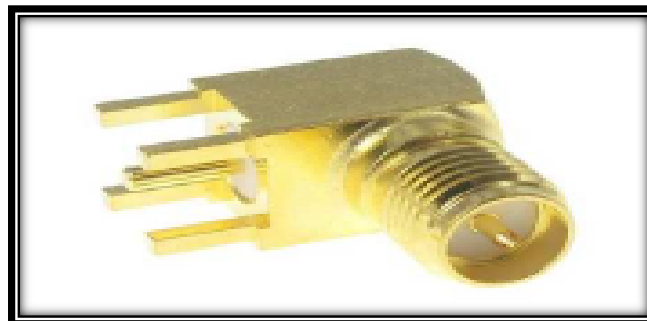


**Figura 2-13** Patrón de radiación

Fuente: López E, 2016

Este tipo de antenas viene con un conector equipado conocido como conector RP-SMA tipo hembra.

Este tipo de conector es de la serie SMA, los cuales trabajan a altas frecuencias y tiene un acoplamiento de  $50\Omega$ . Para el montaje en el circuito impreso se escogió un conector PR-SMA tipo macho en la Figura 2-14 se da a conocer el conector usado.



**Figura 2-14** Conector RP-SMA de montaje superficial

Fuente: <http://www.radiall.com/media/AEP%20SMA%20127-1.pdf>

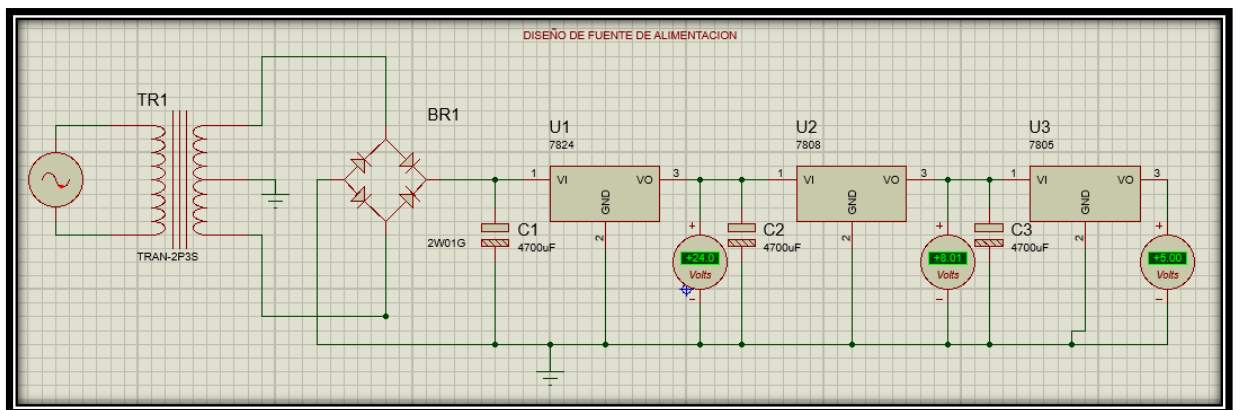
El desarrollo y fabricación de antenas caseras por nuestra cuenta es posible, ya que las detalladas anteriormente tiene un costo significativos en el mercado nacional al momento de adquirirlas.

## 2.10. Simulación del jammer

### 2.10.1. Simulación: sección de alimentación

Para la sección de simulaciones y en especial la de alimentación se utilizó el simulador proteus desarrollado por *Labcenter Electronics* (versión 8).

Tomando en cuenta la parte de diseño, la fuente de alimentación comprendía etapas como la del transformador, rectificador, filtrado y la etapa de regulación. A través de la simulación se obtuvieron los resultados esperados. Como se muestra en la Figura 2-15



**Figura 2-15** Fuente de alimentación

Fuente: López E. 2016

### 2.10.2. Simulación: sección de Oscilación

Como ya se mencionó anteriormente esta sección está conformada por dos etapas, la primera donde se generaba la señal triangular y la segunda donde se amplificaba la misma.

Pero al momento de realizar la etapa donde se genera la señal triangular tuvimos inconvenientes debido a que el software utilizado no contaba con librería para el integrado XR-2206, realizamos una búsqueda de la librería pero nos enteramos que el integrado no se encuentra disponible para ningún tipo de simuladores disponibles en la web.

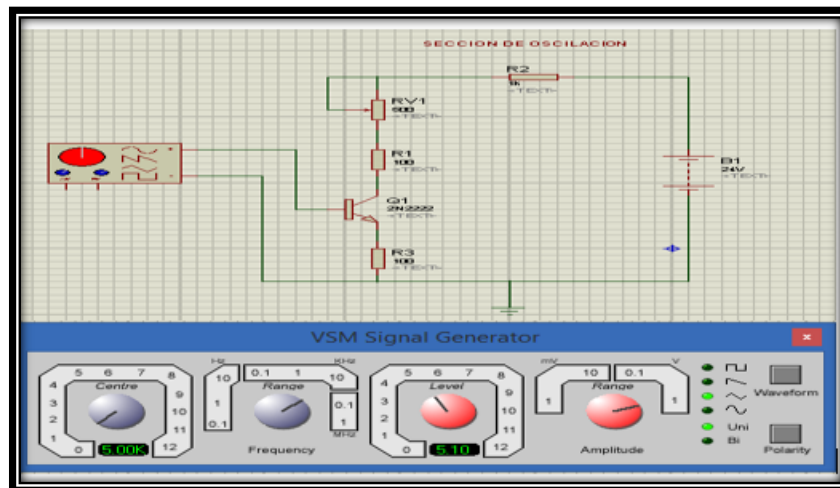
Pero esto no fue impedimento para realizar la simulación de la etapa de amplificación de la señal, para lo cual se utilizó un generador de funciones en el cual se escogió la onda triangular.

Para la simulación de esta etapa se estableció los parámetros de la señal triangular basados en las hojas técnicas del XR-2206. Estos parámetros se dan a conocer en la tabla 2-10

**Tabla 2-10** Parámetros teóricos del XR-2206

Voltaje del offset (V)	Vpp (V)	Frecuencia de trabajo	
Max	Min	Min	Max
12	6	500 KHz	1 MHz

Fuente: López E. 2016



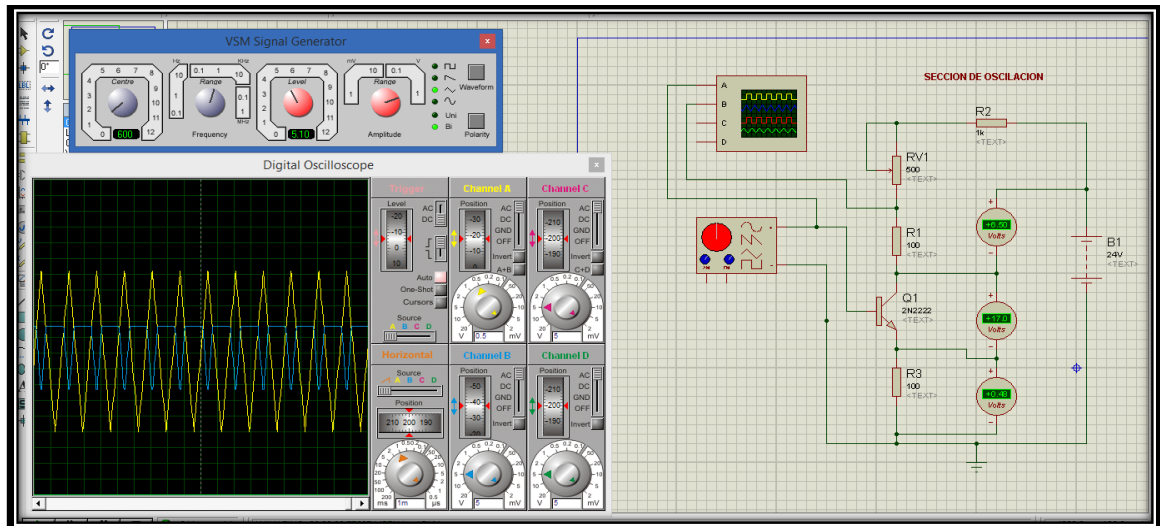
**Figura 2-16** Configuración de parámetros en el generador de funciones

Fuente: López E. 2016

En la figura 2-16, se puede observar la configuración utilizada en la etapa de *offset*.

Siendo el transistor la parte central del mismo el cual tiene una configuración de resistencias en serie conectadas al colector, siendo una de estas resistencias un potenciómetro el cual nos ayudara a realizar desplazamientos de la señal en corriente directa. La amplitud máxima alcanzada por el potenciómetro para que la señal no sufra alteraciones fue un 75% de la misma.

También podemos observar los ajustes realizados en el generador de funciones para que a la salida del mismo nos brinde una onda triangular óptima según los datos teóricos del XR-2206.



**Figura 2-17** resultados de la etapa offset,

Fuente: López E. 2016

Los resultados obtenidos de la simulación de la etapa de offset se muestran en la Figura 2-17 donde los niveles de corriente continua están alrededor de los 14 y 17 V de tal manera podemos interpretar que los resultados obtenidos están dentro del rango deseado para que el VCO pueda realizar un barrido eficiente al momento de su funcionamiento.

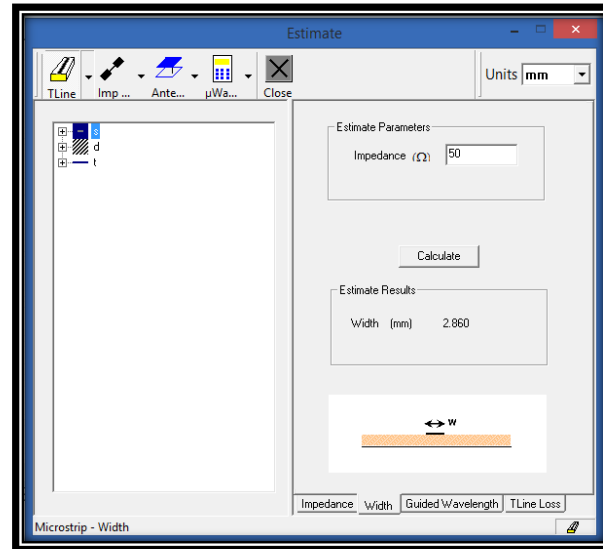
### 2.10.3. Simulación: sección de radio frecuencia

En esta sección se simuló la etapa de la línea de transmisión. La cual es encargada de llevar las señales de radiofrecuencia hacia la antena la cual se encarga de emitir o transmitir las señales en forma de ondas electromagnéticas hacia el receptor a través del aire. Para esto se utilizó el software Ansoft (versión 3.5)

Para la simulación de la línea de transmisión se estableció el acoplamiento en  $50\Omega$ , siendo esto de vital importancia para el diseño de la misma.

Luego se tomó en cuenta las características físicas de la placa utilizada en nuestro caso la baquelita, las características de la baquelita vienen preestablecidas en el software, una de las características más destacadas es la permitividad relativa ( $\epsilon_r$ ) la cual es de 4.8.

Se utilizó la calculadora del software para realizar líneas de transmisión, se tomó en cuenta la adaptación con la cual nos dio un aproximado del ancho de la línea de transmisión como se muestra en la figura 2-18.



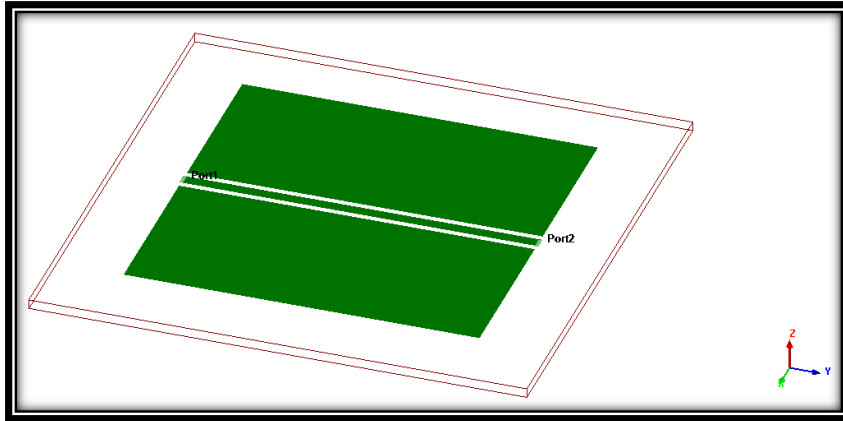
**Figura 2-18** Dimensiones de la línea de transmisión

Fuente: López E, 2016

Con los parámetros físicos de la línea de transmisión, se procedió a realizar las simulaciones, las cuales nos dieron datos estimados de las posibles pérdidas de potencia a causa de las reflexiones en la entrada, el parámetro analizado fue el  $S_{11}$  (coeficiente de reflexión en la entrada).

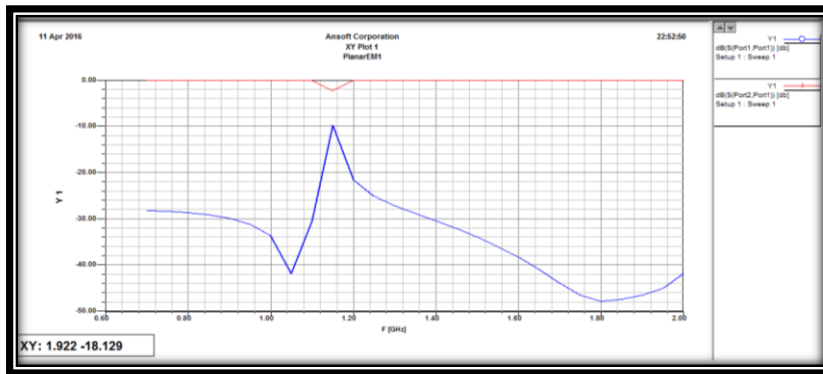
Para esto se realizó una línea con un ancho  $W=2.86$ , ya que es el único dato importante para la realización de nuestra línea, ya que el modo de operación no depende de la longitud de la misma.

En la Figura 2-19 se puede observar la línea de transmisión en 3D y en la figura 2-20 se puede observar las posibles pérdidas que se pueden dar en el puerto de entrada tomando en cuenta el coeficiente de reflexión  $S_{11}$  y  $S_{21}$



**Figura 2-19** Diseño de la línea de transmisión en 3D

Fuente: López E, 2016



**Figura 2-20** Simulación de  $S_{11}$  y  $S_{21}$

Fuente: López E, 2016

Llegando así a la conclusión que la línea de transmisión es óptima para nuestro caso ya que las pérdidas producidas por reflexión son igual a cero como se puede observar en la Figura 2-20

## **CAPITULO III**

### **3. MARCO DE RESULTADOS**

Para la presentación de los resultados fue necesaria la implementación del prototipo, lo cual podremos realizar las pruebas necesarias y así poder determinar el óptimo funcionamiento del dispositivo para determinar las ventajas que presenta el presente trabajo.

#### **3.1. Implementación del Prototipo**

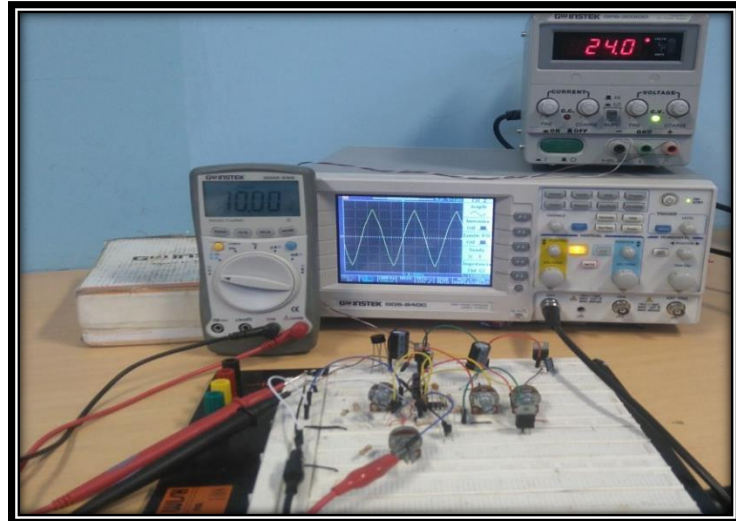
En base al capítulo anterior donde realizamos un análisis comparativo de los materiales y técnicas a utilizar, además con las simulaciones realizadas se procede a realizar el armado de cada una de las etapas de nuestro inhibidor.

Lo primero que se realizó fue la sección de alimentación lo cual con un voltaje regulable de 0 a 24V voltaje necesario para alimentar la sección de oscilación.

Luego se procedió con el armado de la etapa de generación de la señal triangular con su respectivo offset o ajuste de la señal, conformando así la etapa de oscilación, la cual será la encargada de generar una señal triangular adecuada para alimentar al VCO y el cual podrá realizar el barrido respectivo.

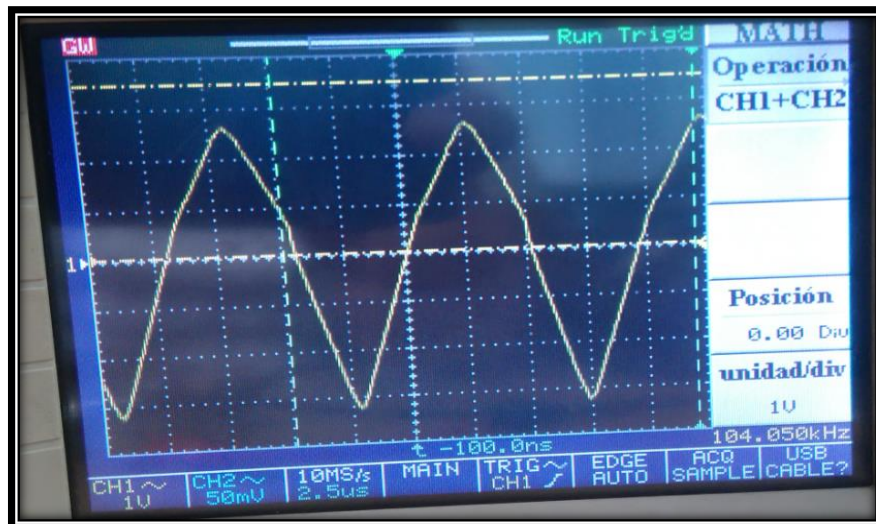
En la figura 3-1 Se observa el circuito generador para la señal triangular y en la Figura 3-2 se puede visualizar median la utilización del osciloscopio el cual fue facilitado por la escuela.

Como se puede observar la señal generada tiene un voltaje pico-pico de 5V, obteniendo así un voltaje máximo de 9.8V y un voltaje mínimo de 4.4V y la frecuencia de operación es de 104KHz



**Figura 3-1** Circuito Generador de onda triangular

Fuente: López E, 2016

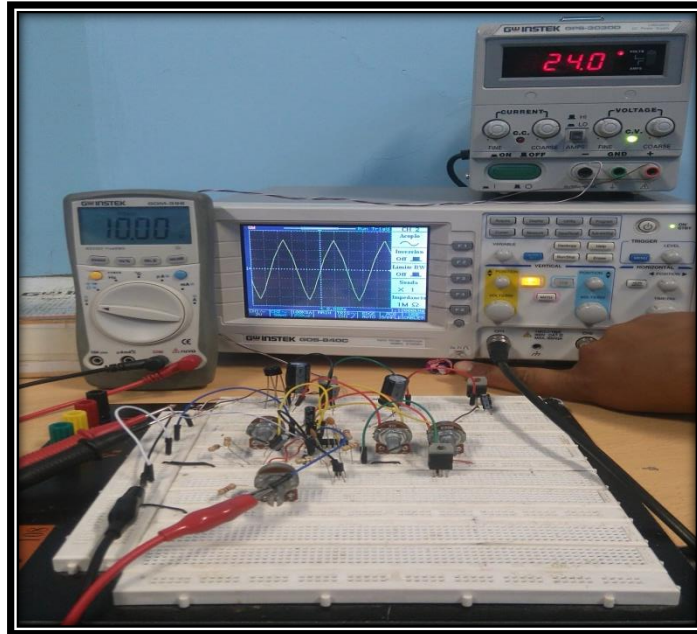


**Figura 3-2** Salida del Generador de onda triangular en el osciloscopio

Fuente: López E, 2016

Conjuntamente se procedió a armar la parte encargado de adecuar la señal y ajustar el voltaje para poder alcanzar los voltajes de barrido del VCO, esta parte se llama etapa de offset la cual se la representa en la Figura3-3, esta etapa tiene como elemento primordial un transistor 2N2222.

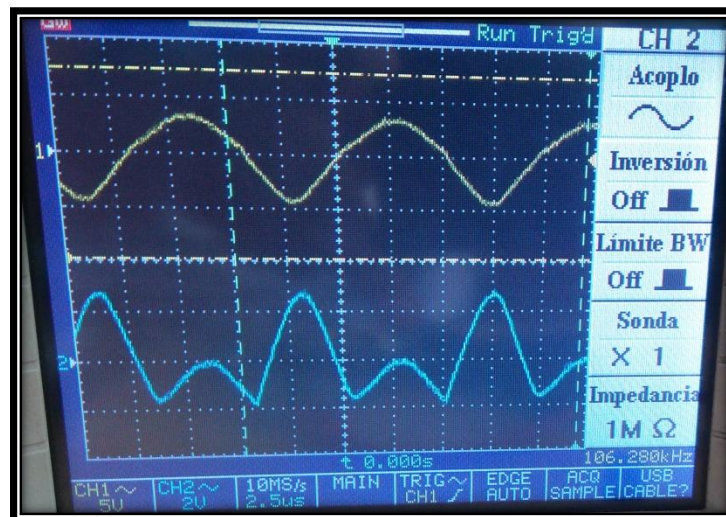




**Figura 3-3** Etapa de offset

Fuente: López E, 2016

A continuación podemos observar la figura 3-4 En la cual podemos observar mediante el canal 2 del osciloscopio la salida del offset, en la cual apreciamos la frecuencia a la cual trabaja el transistor 2N2222 la frecuencia de operación es de 106KHz, las características de la onda en la salida es de aproximadamente 4.5V como voltaje máximo y de 2.5V como voltaje mínimo



**Figura 3-4** Salida del circuito etapa de *offset*.

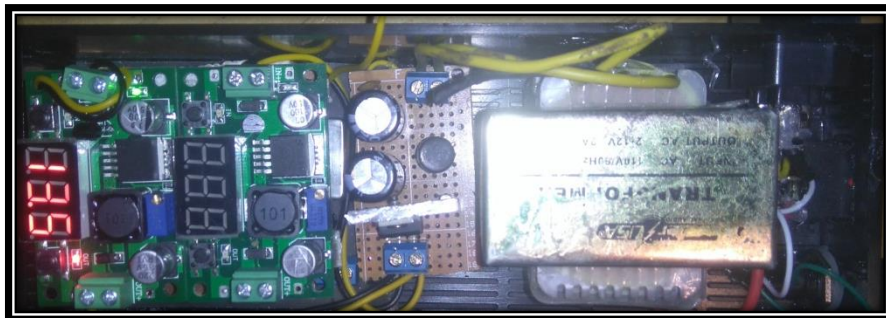
Fuente: López E, 2016

## 3.2. Proceso de fabricación del inhibidor

### 3.2.1. Construcción de la sección de alimentación y oscilación

Una vez realizada todas las pruebas en la *protoboard* de la sección de alimentación y oscilación, se comprobó su óptimo funcionamiento, por lo cual se procedió a la fabricación e implementación de estas secciones en baquelita.

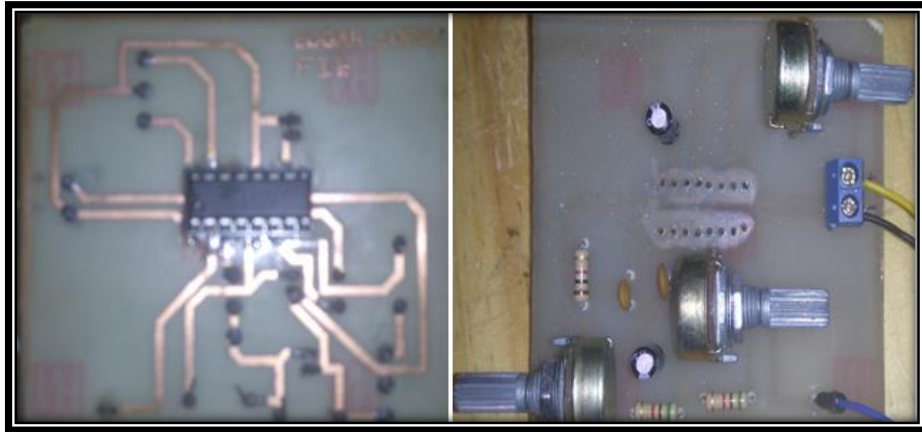
En la Figura 3-5 se puede observar todo los componentes de la sección de alimentación, la cual inicia con la entrada de 110V AC, de ahí pasa a un fusible para la protección del dispositivo, el transformador el cual nos reduce la tensión de entrada, y el regular con voltímetro el cual nos ayuda a regular el voltaje de entrada para la sección de oscilación. Todos los componentes se encuentran soldados en la placa como se puede observar a continuación.



**Figura 3-5** Implementación la sección de alimentación.

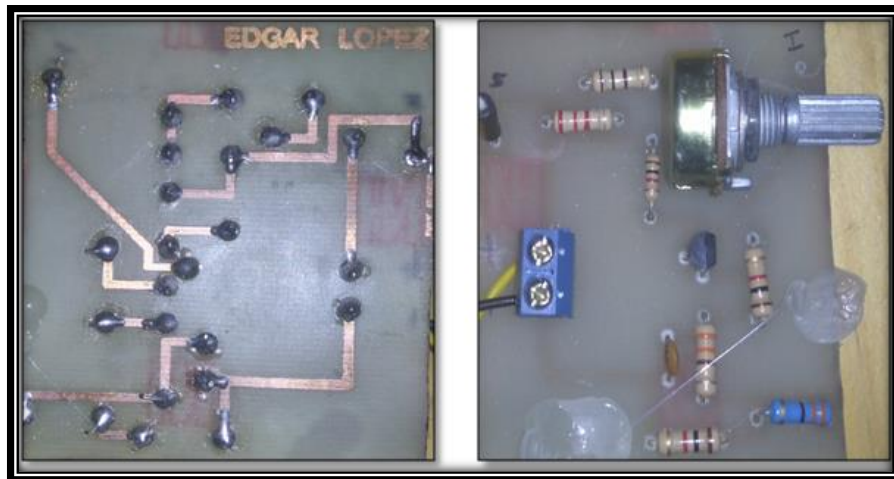
Fuente: López E, 2016

Luego se procedió a la fabricación de la sección de oscilación, en las Figuras 3-6 y 3-7 se observa la placa con todos los componentes soldados.



**Figura 3-6** Parte posterior y delantera del circuito generador de señal.

Fuente: López E, 2016



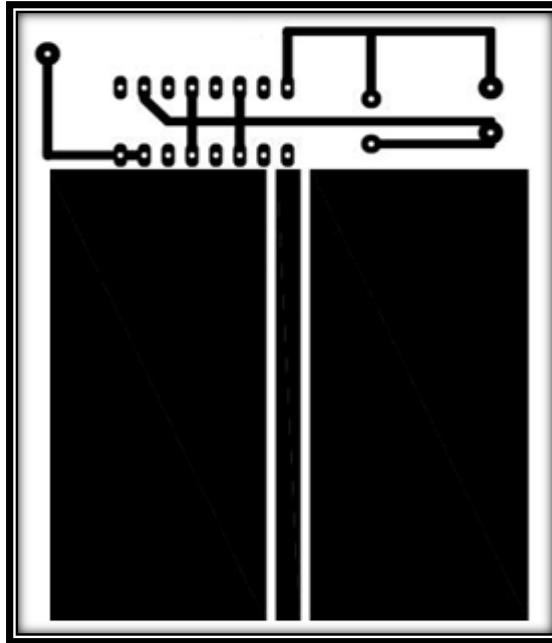
**Figura 3-7** Parte posterior y delantera del circuito para adecuar la señal.

Fuente: López E, 2016

### Construcción de la sección RF

La sección de radio frecuencia se lo realizó en el programa *ansoft* el cual nos brinda un diseño de nuestra coplanar, este archivo se lo puede extraer mediante AutoCAD, lo cual nos ayudara para la impresión y elaboración en la baquelita.

En la figura 3-8 Se puede observar las pitas para el VCO y sus respectivas conexiones, además la guía coplanar necesaria para la conexión con la antena.



**Figura 3-8** Pistas para el circuito de la sección RF.

Fuente: López E, 2016

Con los diseños de las pistas se procedió a la elaboración de la placa. En la Figura 3-9 se muestra la parte delantera con todos los elementos soldados, esta sección requiere un voltaje de 8V para el funcionamiento del VCO el VTune necesario para el barrido debe estar entre los 6V hasta los 8V para las frecuencias de 850MHz y para la frecuencias de 1900MHz el V Tune necesario debe de ir entre los 14 y 18V como se pueden observar en las hojas de especificaciones de cada uno de los osciladores.

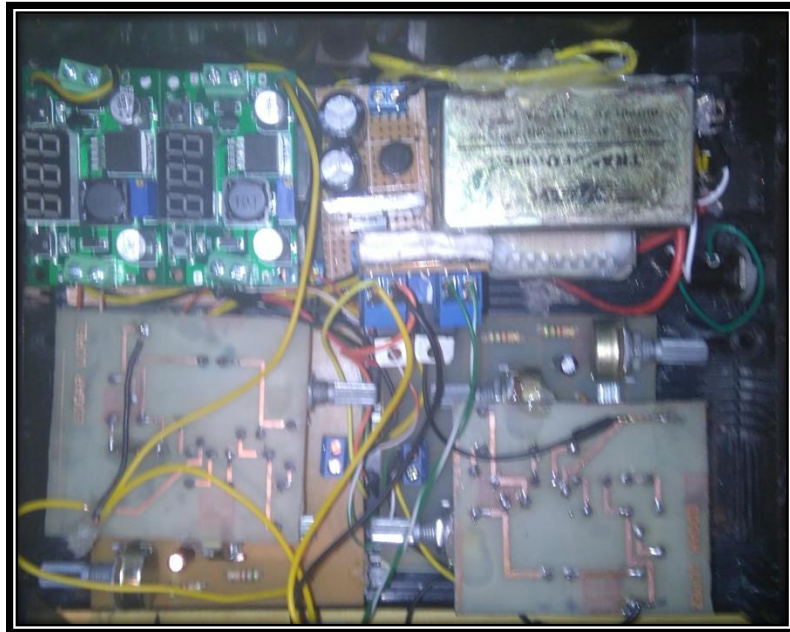


**Figura 3-9** Parte delantera de la placa RF para 850MHz y 1900MHz.

Fuente: López E, 2016

## Dispositivo terminado

Una vez terminado cada una de las etapas necesarias para el funcionamiento de nuestro inhibidor, procedemos a unir cada una de ellas para obtener el prototipo terminado como se puede observar en la Figura 3-10 y la Figura 3-11.



**Figura 3-10** Parte inferior del Prototipo inhibidor.

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-11** Parte superior del Prototipo inhibidor.

Fuente: López E, 2016

### **3.3 Construcción del prototipo**

Para poder adquirir o mandar a construir la carcasa de nuestro prototipo final se tomó en cuenta las siguientes dimensiones.

#### **Placa de la fuente de alimentación**

Largo: 5cm

Ancho: 5cm

#### **Placa de la sección de oscilación**

Largo: 7cm

Ancho: 7cm

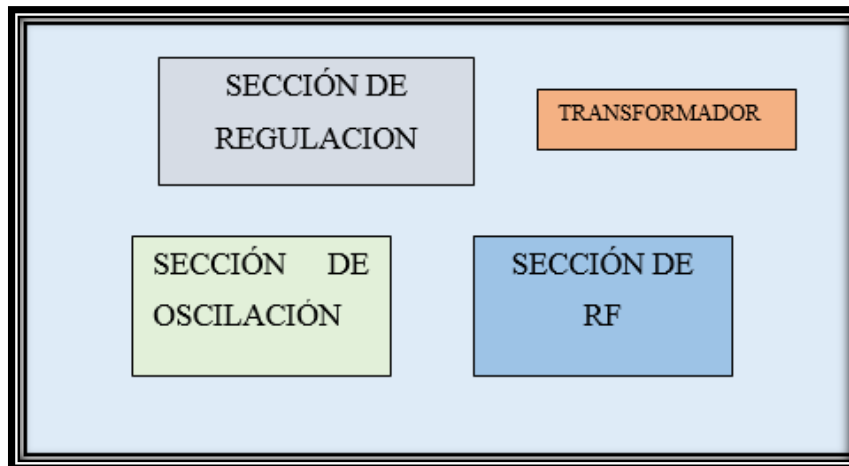
#### **Placa electrónica de la sección de RF**

Largo: 7.5cm

Ancho: 7.5cm

Tomando en cuenta las dimensiones de los elementos y de cada una de las placas electrónicas realizadas, se optó por adquirir una caja especial para montaje de proyectos electrónicos.

Las medidas de la caja son 20 cm de ancho; 7cm de altura y 16cm de largo la cual se distribuyó de la siguiente manera.



**Figura 3-12** Distribución de placas electrónicas en la carcasa

Fuente: López E, 2016



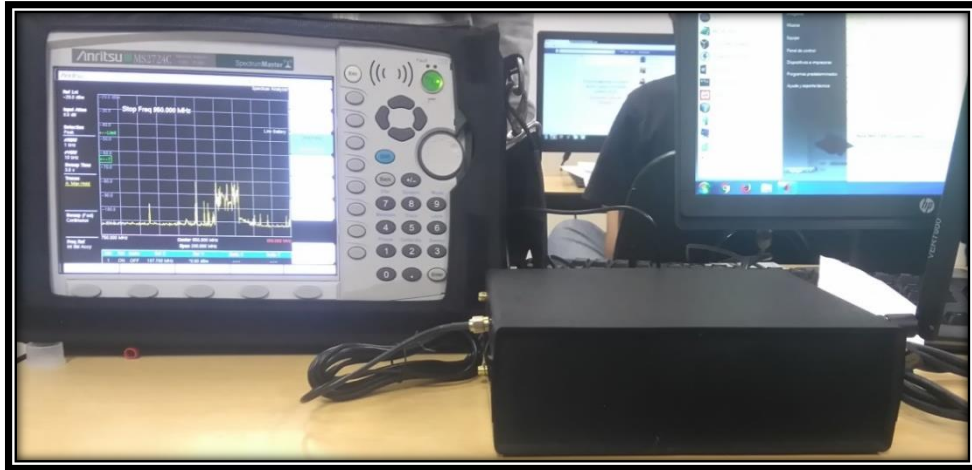
**Figura 3-13** Carcasa para el montaje del prototipo

Fuente: López E, 2016

### 3.4. Pruebas de funcionamiento

Ya con el prototipo terminado las primeras pruebas realizadas fueron en relación al espectro que abarca el VCO.

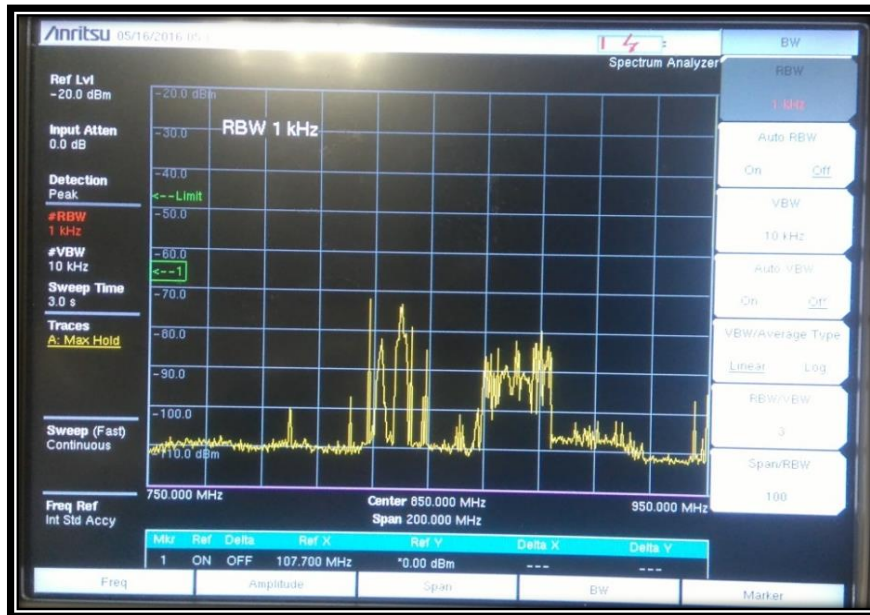
Estas pruebas se realizaron en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, para lo cual se utilizara el analizador de espectro de la escuela marca ANRITSU como se puede observar en la figura 3-14, con el cual podremos observar el rango de frecuencias y canales en los que operan las operadoras móviles en el país.



**Figura 3-14** Analizador de espectros marca ANRITSU

Fuente: López E, 2016

En la figura 3-15 se puede observar la señal analizada la cual se encuentra en el rango de 750MHz a 950MHz frecuencia que se utilizara en el analizador de espectro para realizar los análisis correspondientes en la banda de 2G

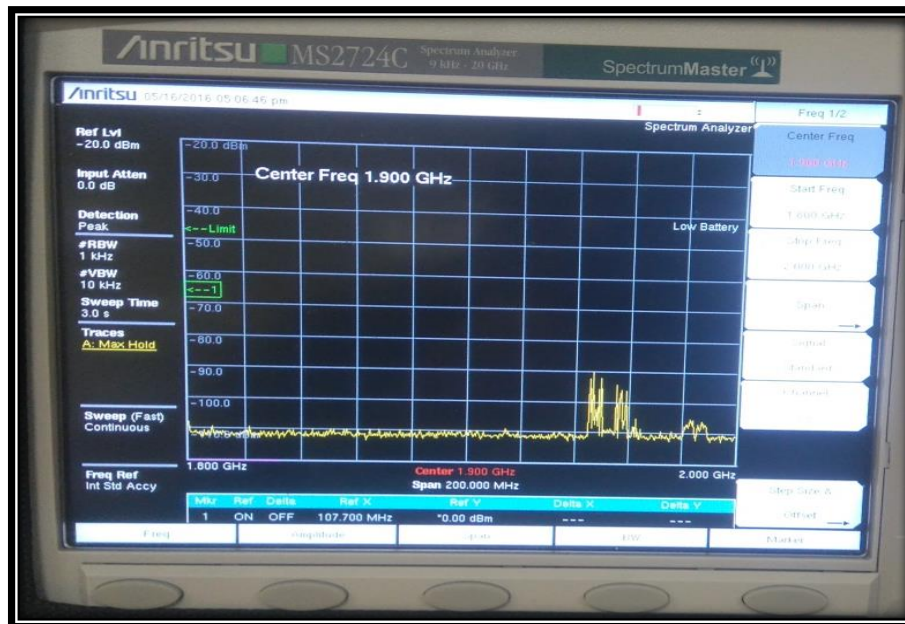


**Figura 3-15** Distribución de la energía a lo largo del rango de frecuencias

Fuente: López E, 2016

En la figura 3-16, se puede observar la señal analizada la cual se encuentra en el rango de 1.8 MHz a 2 GHz frecuencia que se utilizara en el analizador de espectro para realizar los análisis correspondientes en la banda de 3G





**Figura 3-16** Distribución de la energía a lo largo del rango de frecuencias

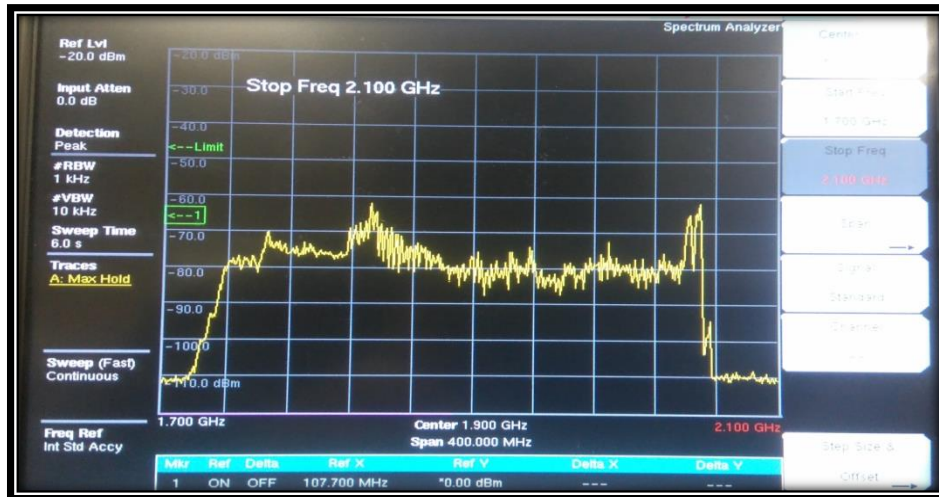
Fuente: López E, 2016

En la Figura 3-17 y la Figura 3-18 se puede observar el funcionamiento del inhibidor el cual al encenderlo actual sobre toda la señal celular, impidiendo así la comunicación a dispositivos celulares con tecnología 2G y 3G respectivamente.



**Figura 3-17** Análisis de la señal 2G con el jammer encendido.

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-18** Análisis de la señal 3G con el jammer encendido

Fuente: López E, 2016

### 3.5. Pruebas del área de cobertura

Para determinar el área de cobertura del inhibidor se realizó pruebas en el laboratorio de la FIE, el cual se encuentra en el tercer piso del edificio de la facultad, el cual mide 7 m de ancho por 7 m de largo.

Es necesario tomar en cuenta que el laboratorio tiene ventanas a todo lo largo del mismo y también que dos radio bases están cerca de la universidad como se puede observar en la figura 3-19



**Figura 3-19** Ubicación de radio bases en referencia al laboratorio de la fie

Fuente: López E, 2016

Tomando en cuenta las radios bases se procedió a determinar el área de cobertura del prototipo, para lo cual se tomó en cuenta el siguiente proceso.

- ❖ Primero se colocó el prototipo de inhibidor aproximadamente en el centro del laboratorio
- ❖ Luego se ubicó dos teléfonos celulares cada uno de operadoras diferentes a una distancia de 3m con 0° con respecto al inhibidor.
- ❖ A continuación se fue acercando cada uno de los teléfonos para observar el instante en el cual la señal sufría alteraciones.
- ❖ El movimiento realizado anteriormente debe de ser lo más lento posible, para dar tiempo a la sincronización entre la estación base y unidad móvil. El inhibidor no actúa al instante, ya que la estación base debe buscar el móvil dentro de su área de cobertura. Es en ese momento cuando la señal del inhibidor interfiere la señal celular, la cual impide la comunicación entre unidad móvil y estación base.
- ❖ Al encontrar el alcance máximo se registró en esa dirección.
- ❖ Luego se tomó un tiempo prudente hasta que el dispositivo recuperar la señal celular.
- ❖ Se movió la ubicación de los teléfonos 45° aproximadamente y se colocó a 2m. se realizó el mismo proceso para cada una de las direcciones hasta dar una vuelta completa al inhibidor.

Las mediciones se las realizo con 4 teléfonos móviles de diferentes marcas, dos para la operadora de claro y dos para la operadora movistar.

Los resultados obtenidos al momento de encender el inhibidor se detallan en las tablas 3-1 y 3-2, donde se observa el tiempo de retardo promedio para que la señal celular se pierda la cual es de 40seg y el tiempo de recuperación de la señal celular una vez que el inhibidor deja de funcionar se tiene un tiempo promedio de 30seg.

**Tabla 3-1** Pruebas de funcionamiento para la operadora claro.

Operadora	Tipo de teléfono móvil	Tiempo de retado para bloqueo	Tiempo de recuperación de la señal celular
Claro	Sony Xperia M4	40seg	25seg
	Topin mini 5130	40seg	30seg

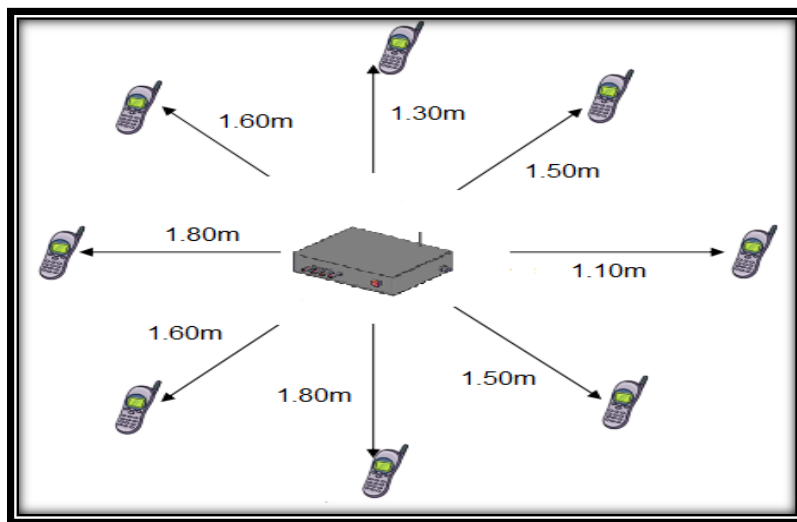
Fuente: López E, 2016

**Tabla 3-2** Pruebas de funcionamiento para la operadora claro.

Operadora	Tipo de teléfono móvil	Tiempo de retado para bloqueo	Tiempo de recuperación de la señal celular
Claro	Samsung ace	40seg	30seg
	Samsung S5	40seg	20seg

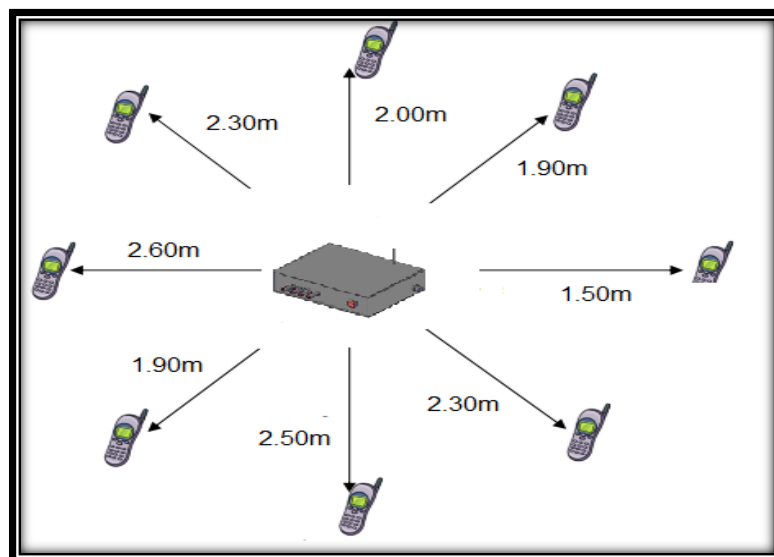
Fuente: López E, 2016

En las figuras 3-20 y 3-21 se puede observar el alcance de la señal del inhibidor para impedir la comunicación esta distancia varía dependiendo de la operadora y de la ubicación de las radio base.



**Figura 3-20** Área de cobertura del inhibidor para la red movistar

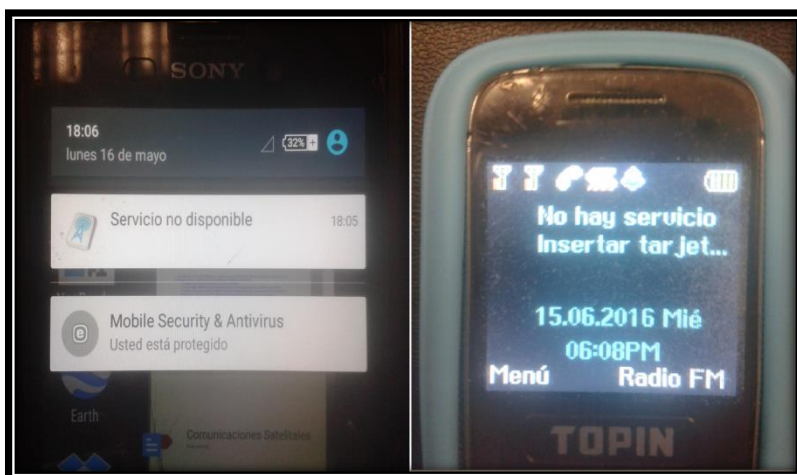
Fuente: López E, 2016



**Figura 3-21** Área de cobertura del inhibidor para la red claro

Fuente: López E, 2016

En la figura 3-22 se muestra el efecto del inhibidor sobre los celulares Sony y Topin de la operadora claro con tecnología 2G y 3G, en la cual se observa que los celulares perdieron comunicación con la estación base, quedándose sin señal de la operadora a la que pertenecen.



**Figura 3-22** Celulares sin cobertura de la operadora Claro

Fuente: López E, 2016

En la figura 3-23 se muestra el efecto del inhibidor sobre los celulares Samsung Ace y Samsung S5 de la operadora movistar con tecnología 2G y 3G, en la cual se observa que los celulares perdieron comunicación con la estación base quedándose sin señal de la operadora a la que pertenecen.



**Figura 3-23** Celulares sin cobertura de la operadora Movistar

Fuente: López E, 2016

### 3.6. Análisis en relación al cuarto objetivo específico

Para determinar el cumplimiento del cuarto objetivo específico el cual hace referencia a la implementación del dispositivo en el laboratorio de la FIE lo cual se lo cumplió a cabalidad gracias a la portabilidad del dispositivo, luego se hizo énfasis sobre obtener un mejor rendimiento de los estudiantes.

Para lo cual se decidió realizar una encuesta tanto para docentes como para alumno, la cual tenía como objetivos, conocer con qué frecuencia se utiliza un dispositivo móvil en horas de clase y determinar si el rendimiento de los estudiantes mejorara con la implementación de un prototipo inhibidor de telefonía móvil .

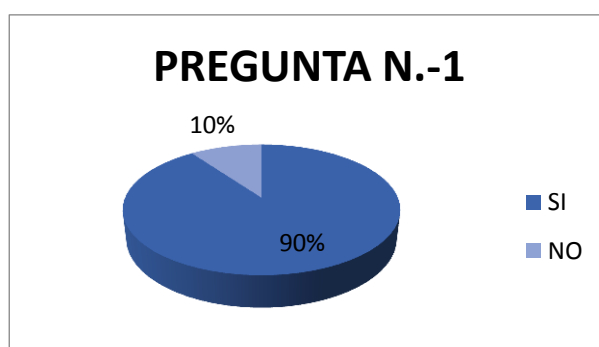
Después de realizar las encuestas se procedió a realizar un estudio estadístico simple para cada pregunta en el cual se realizó tablas y diagramas pastel como lo veremos a continuación. Las primeras encuestas a analizar fueron las de los docentes y luego la de los estudiantes.

#### 1.- ¿Usted usa teléfono móvil?

**Tabla 3-3** Docentes que utilizan dispositivo móvil

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	9	90,0%
NO	1	10,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-24** Docentes que utilizan dispositivo móvil

Fuente: López E, 2016

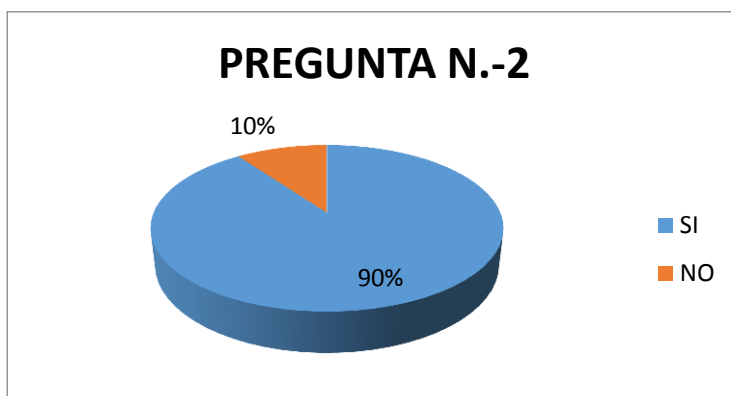
**Interpretación:** El 90% de los docentes encuestados utiliza un dispositivo móvil y el 1% respondió que no por circunstancias desconocidas.

**2.- ¿Usted cree que el uso de teléfonos móviles en clase afecta a los estudiantes?**

**Tabla 3-4** El uso de teléfonos móviles en clase afecta a los estudiantes

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	9	90,0%
NO	1	10,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-25** El uso de teléfonos móviles en clase afecta a los estudiantes

Fuente: López E, 2016

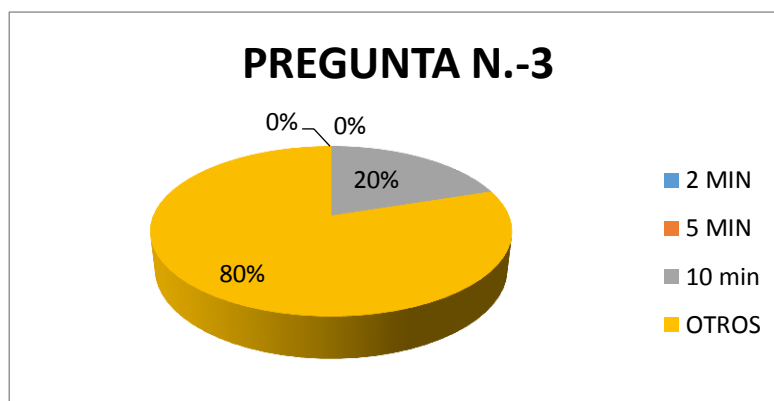
**Interpretación:** El 90% de los docentes encuestados estuvieron de acuerdo en que el uso de dispositivos móviles en clase afecta a los estudiantes, el 1% dijo que depende de las condiciones de operación este el dispositivo.

**3.- Cada que tiempo observa información en su teléfono móvil**

**Tabla 3-5** El tiempo que observa su teléfono móvil

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
2 MIN	0	0,0%
5 MIN	0	0,0%
10 min	2	20,0%
OTROS	8	80,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-26** El tiempo que observa su teléfono móvil

Fuente: López E, 2016

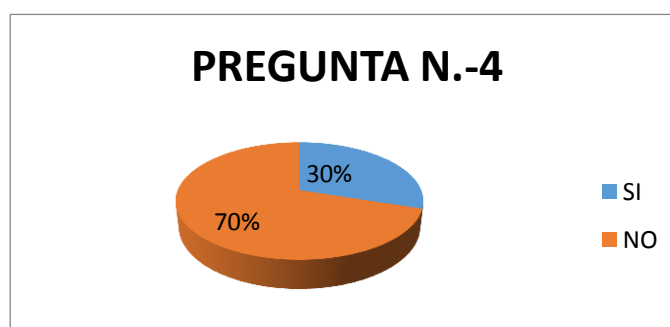
**Interpretación:** El 20% de los docentes encuestados observaba información del dispositivo móvil cada 10min y 80% respondió la opción otros en la cual especificaron el tiempo el cual oscilaba de 30 a 40min

#### 4.- Estaría dispuesto a aceptar que se coloque un dispositivo que interfiera la señal celular

**Tabla 3-6** Colocar un dispositivo que interfiera la señal celular

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	3	30,0%
NO	7	70,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-27** Colocar un dispositivo que interfiera la señal celular

Fuente: López E, 2016

**Interpretación:** El 30% de los encuestados estuvieron de acuerdo en la instalación de un dispositivo que interfiera la señal celular para así evitar distracción en los estudiantes y el 70% no estuvo de acuerdo y se justificaron con perder llamadas importantes.

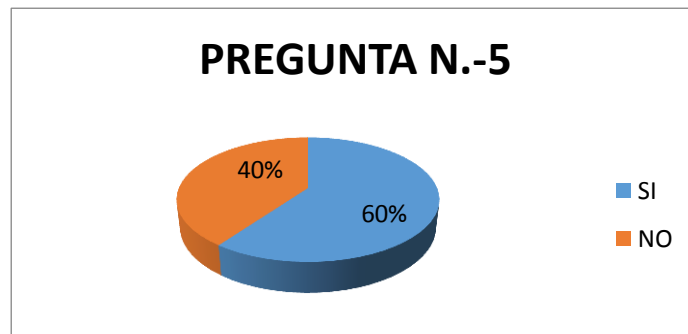


**5.- Cree usted que es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio en hora de clase?**

**Tabla 3-7** Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	6	60,0%
NO	4	40,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-28** Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio

Fuente: López E, 2016

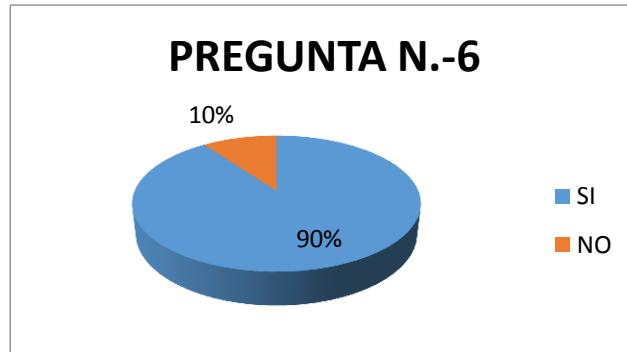
**Interpretación:** El 60% de los docentes encuestados aprobaron la necesidad de un dispositivo que interfiera la señal celular pero solo para exámenes para así evitar distracciones y posibles fraudes en la evaluación y el 40% no estuvo de acuerdo asegurando perder llamadas importantes.

**6.- ¿En este instante usted tiene un teléfono celular?**

**Tabla 3-8** En este instante usted tiene un teléfono celular

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	9	90,0%
NO	1	10,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-29** En este instante usted tiene un teléfono celular

Fuente: López E, 2016

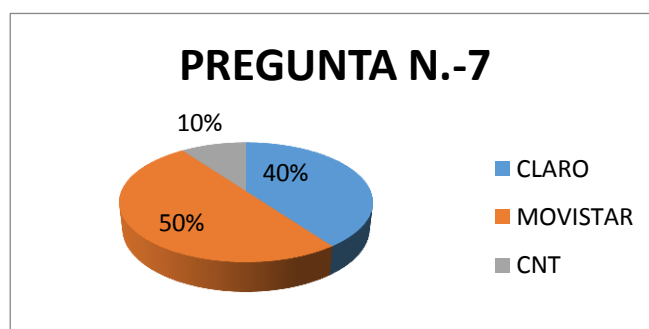
**Interpretación:** El 90% de los docentes encuestados en el instante de la encuesta poseía un dispositivo celular y el 1% respondió que no ya que por circunstancias desconocidas.

### 7.- ¿Qué operadora utiliza para su dispositivo celular?

**Tabla 3-9** Qué operadora utiliza para su dispositivo celular

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
CLARO	4	40,0%
MOVISTAR	5	50,0%
CNT	1	10,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-30** Qué operadora utiliza para su dispositivo celular

Fuente: López E, 2016

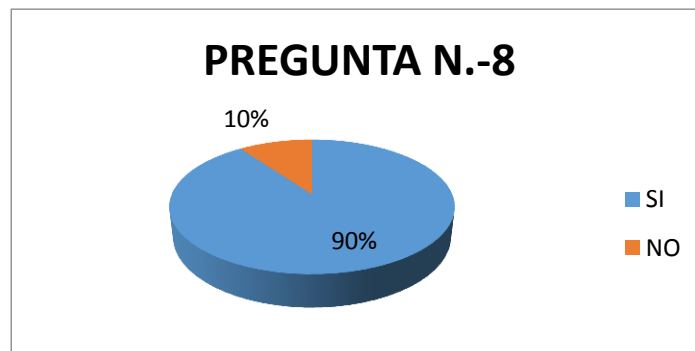
**Interpretación:** El 40% de los docentes encuestados utiliza un dispositivo móvil en la operadora claro, el 5% utiliza un dispositivo móvil en la operadora movistar y el 1% utiliza un dispositivo móvil en la operadora CNT.

**8.- ¿Al momento de realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil?**

**Tabla 3-10** Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	9	90,0%
NO	1	10,0%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-31** Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil

Fuente: López E, 2016

**Interpretación:** El 90% de los docentes encuestados en el instante de realizar la encuesta al observar su dispositivo celular el mismo se encontraba fuera de servicio y el 1% no se le bloqueo por completo la señal celular pero se observa una disminución significativa de la misma.

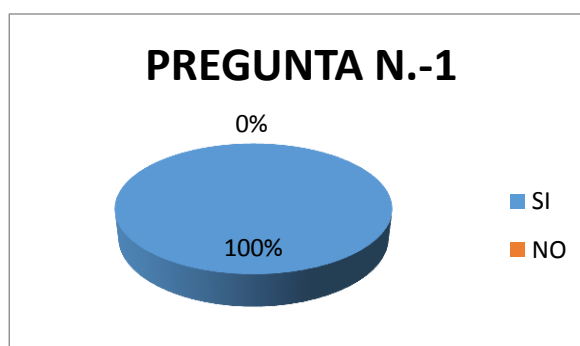
Tabulaciones de las encuestas realizadas a lo estudiantes

**1.- ¿Usted usa teléfono móvil?**

**Tabla 3-11** Estudiantes que utilizan teléfono móvil

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	40	100,0%
NO	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-32** Estudiantes que utilizan teléfono móvil

Fuente: López E, 2016

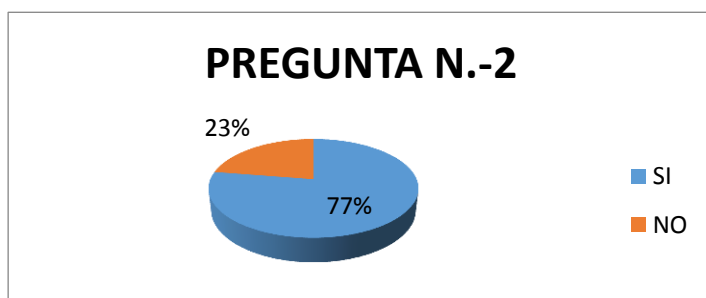
**Interpretación:** El 100% de los estudiantes aseguraron usar un dispositivo móvil.

**2.- ¿Usted cree que el uso de teléfonos móviles en hora de clase afecta su atención y rendimiento?**

**Tabla 3-12** El uso de teléfonos móviles en hora de clase afecta su atención y rendimiento

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	31	77,5%
NO	9	22,5%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-33** El uso de teléfonos móviles en hora de clase afecta su atención y rendimiento

Fuente: López E, 2016

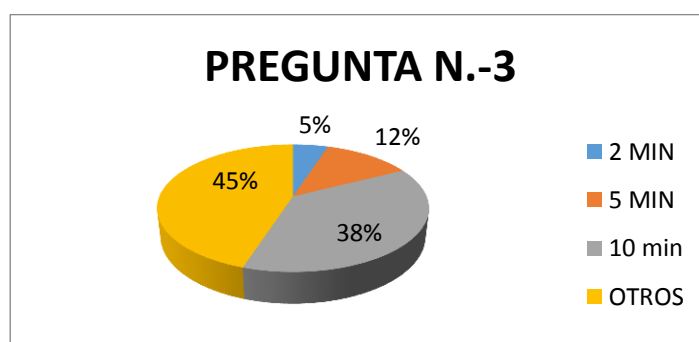
**Interpretación:** El 77,5% de los estudiantes encuestados aseguraron que el uso de dispositivos móviles afecta en su rendimiento ya que les produce distracciones y el 22,5% respondieron que no ya que el uso responsable del teléfono no les distrae.

### 3.- Cada que tiempo utiliza su dispositivo móvil en horas de clase

**Tabla 3-13** Cada que tiempo utiliza su dispositivo móvil en horas de clase

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
2 MIN	2	5,0%
5 MIN	5	12,5%
10 min	15	37,5%
OTROS	18	45,0%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-34** Cada que tiempo utiliza su dispositivo móvil en horas de clase

Fuente: López E, 2016

**Interpretación:** El 5% de los estudiantes encuestados utiliza su dispositivo móvil cada 2min, el 12.5% de los encuestados lo utiliza cada 5min, el 35,7% de los encuestados lo utiliza 10min y

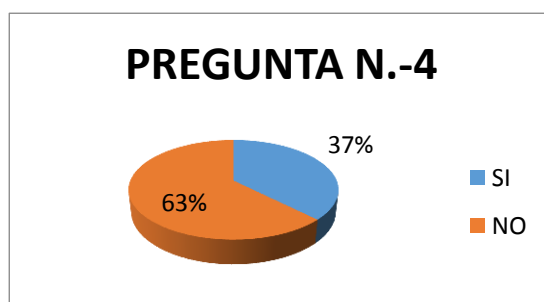
el 45% de los encuestados lo utilizan de 30 a 60min dependiendo la necesidad de los encuestados.

#### 4.- Estaría dispuesto a aceptar que se coloque un dispositivo que interfiera la señal celular

**Tabla 3-14** Aceptaría que se coloque un dispositivo que interfiera la señal celular

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	15	37,5%
NO	25	62,5%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-35** Aceptaría que se coloque un dispositivo que interfiera la señal celular

Fuente: López E, 2016

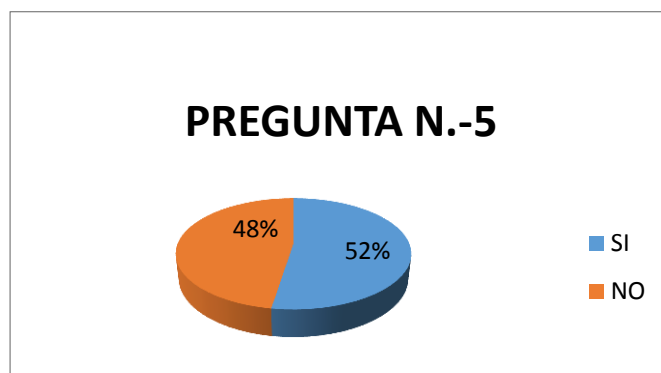
**Interpretación:** El 37,5% de los estudiantes encuestados están dispuestos en aceptar la colocación de un dispositivo para interferir la señal celular y así reducir las distracciones pero el 62.5% no están de acuerdo justificándose por la pérdida de posibles llamadas importantes o a su vez llamadas de emergencia.

#### 5.- Cree usted que es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio en hora de clase?

**Tabla 3-15** Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	21	52,5%
NO	19	47,5%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-36** Es necesario colocar un dispositivo que interfiera la señal celular en el laboratorio

Fuente: López E, 2016

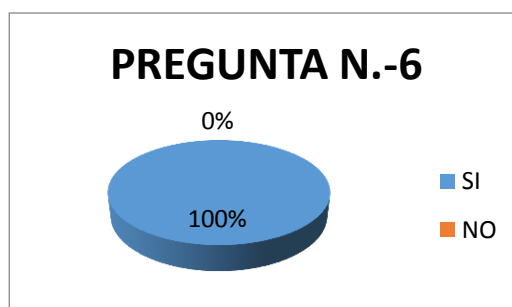
**Interpretación:** El 52,5% de los estudiantes encuestados justificaron la necesidad de un dispositivo en horas de clase así evitar distracciones y mejorar en su rendimiento pero el 47.5% de los encuestados no creen necesario la colocación de este dispositivo ya que aseguran que el dispositivo celular es de gran ayuda en las materias, por la pérdida de posibles llamadas importantes o a su vez llamadas de emergencia.

#### 6.- ¿En este instante usted tiene un teléfono celular?

**Tabla 3-16** Usted tiene un teléfono celular

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	40	100,0%
NO	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-37** Usted tiene un teléfono celular

Fuente: López E, 2016

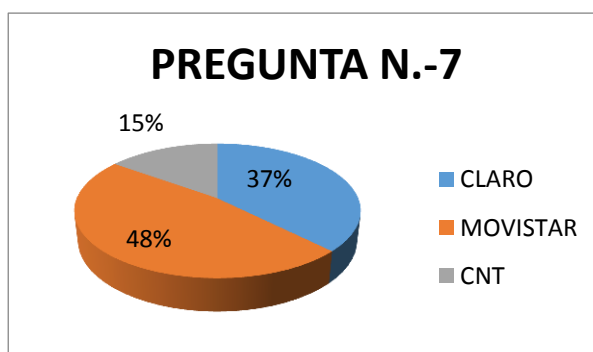
**Interpretación:** El 100% de los estudiantes aseguraron poseer un dispositivo móvil al momento de realizar la encuesta

**7.- ¿Qué operadora utiliza para su dispositivo celular?**

**Tabla 3-17** Qué operadora utiliza para su dispositivo celular

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
CLARO	15	37,5%
MOVISTAR	19	47,5%
CNT	6	15,0%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016



**Figura 3-38** Qué operadora utiliza para su dispositivo celular

Fuente: López E, 2016

**Interpretación:** El 37,5% de los estudiantes encuestados utiliza su dispositivo móvil en la operadora claro, el 47,5% de los estudiantes encuestados utiliza su dispositivo móvil en la operadora movistar y el 15% de los estudiantes encuestados utiliza su dispositivo móvil en la operadora CNT.

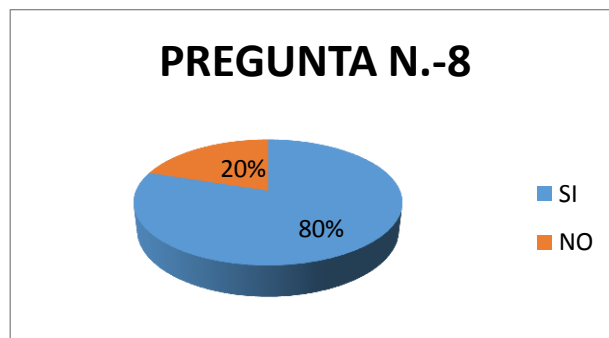
**8.- ¿Al momento de realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil?**

**Tabla 3-18** Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil

OPCION	CANTIDAD	PORCENTAJES
SI	32	80,0%
NO	8	20,0%
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: López E, 2016





**Figura 3-39** Al realizar la encuesta se le bloqueo la señal de telefonía móvil  
**Fuente:** López E, 2016

**Interpretación:** El 80% de los estudiantes encuestados en el instante de realizar la encuesta al observar su dispositivo celular el mismo se encontraba fuera de servicio y el 20% no se le bloqueo por completo la señal celular pero se observa una disminución significativa de la misma.

Al finalizar la interpretación de cada una de preguntas se pudo observar que la mayoría de los encuestados tienen un dispositivo móvil, también se pudo conocer que tanto para los docentes como para estudiantes el uso de los dispositivos móviles en hora clases ya que causan distracciones y alteraciones en el orden de la clase, de los encuestados indistintamente de su ocupación determinaron que no es necesario implementar un dispositivo que interfiera las comunicaciones ya que una llamada de emergencia provenientes de sus familiares pudiesen verse afectadas. También pudimos determinar el funcionamiento del prototipo ya que se logró un bloqueo del 90% de los encuestados.

### 3.7. Análisis económico del proyecto

El prototipo realizado para interferir señales celulares en dispositivos GSM, utilizo múltiples componentes electrónicos. La mayoría de ellos se los adquirió en el mercado nacional a excepción de los osciladores los cuales se los tuvo que importar de Estados Unidos, de la empresa *Minicircuits*.

A continuación se muestra una lista detallada de los materiales con sus respectivos precios.

Para el diseño de la sección de alimentación se utilizaron elementos los cuales se detallan a continuación en la tabla 3-19.

**Tabla 3-19** Precios elementos sección de alimentación

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Transformador de 24V (2A)	10.00	10.00
1	Componentes electrónicos	5.00	5.00
2	Módulo LM2596s	9.00	18.00
1	Cable de poder	5.00	5.00
1	Interruptor y fusible	1.00	1.00
<b>TOTAL(USD)</b>			39.00

Fuente: López E, 2016

Para el diseño de la etapa de oscilación se utilizaron elementos los cuales se detallan a continuación en la tabla 3-20.

**Tabla 3-20** Precios elementos etapa de oscilación

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
2	XR 2206	9.50	19.00
2	BJT 2N2222	0.50	1.00
1	Componentes electrónicos	10.00	10.00
<b>TOTAL(USD)</b>			30.00

Fuente: López E, 2016

Para el diseño de la sección de RF se utilizaron elementos los cuales se detallan a continuación en la tabla 3-21.

**Tabla 3-21** Precio elementos de la sección RF

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
2	POS-1060	24.00	48.00
2	POS-2000	24.00	48.00
1	Componentes electrónicos	10.00	10.00
1	Baquelita	9.00	9.00
1	Carcasa	15.00	15.00
2	Antenas	10.00	20.00
<b>TOTAL(USD)</b>			150.00

Fuente: López E, 2016

**Tabla 3-22** Costo total del proyecto

PROTOTIPO INHIBIDOR	COSTO (USD)
Sección de alimentación	39.00
Etapas de oscilación	30.00
Sección de RF	150.00
<b>COSTO TOTAL (USD)</b>	219.00

Fuente: López E, 2016

Por lo tanto el costo total es de 219 dólares americanos el cual en relación a los comerciales es mucho más barato ya que los que se encuentran en el mercado oscilan alrededor de los 3000 dólares americanos.

## CONCLUSIONES

- ❖ El objetivo principal se cumplió a cabalidad en su totalidad, ya que se logró diseñar e implementar un prototipo capaz de interferir las comunicaciones móviles en el interior del laboratorio de la FIE.
- ❖ Partiendo de las teorías acerca de la tecnología celular y estrategias de bloqueo se estableció que el barrido por voltaje es la mejor estrategia de bloqueo para las comunicaciones móviles en especial las celulares, esta estrategia cubre de ruido todo rango de operación de las frecuencias de 850MHz y 1900MHz, así interfiriendo satisfactoriamente la señal celular de los teléfonos móviles con tecnología 2G y 3G.
- ❖ Tomando en cuenta la ley de telecomunicaciones que actualmente rige en el país y basado en los reglamentos de la telefonía celular, el uso de dispositivos capaces de bloquear la señal celular no están permitidos, por lo que para la utilización, comercialización e instalación de los mismos se necesita la autorización previa de la ARCOTEL. Como nuestro prototipo se lo realizó con fines investigativos mas no con fines comerciales y basados en los parámetros de radiación establecidos por el ARCOTEL se asumió innecesario la autorización de funcionamiento.
- ❖ Se tomó datos aproximados para determinar los tiempos de retardo para la banda de 850MHz y 1900MHz, los cuales para la operadora Claro fue de 40seg y para la operado Movistar fue de 50seg, esto debido a que la sensibilidad de recepción de los dispositivos no es la misma. Este tiempo también depende de la ubicación de móvil con relación al prototipo ya que mientras más cerca este el tiempo de bloqueo será considerablemente mayor.
- ❖ La ubicación de cada una de las repetidoras de las operadoras celular juegan un papel impórtate ya que de la ubicación de las mismas depende el alcance que tendrá nuestro prototipo y así poder bloquear en un 100% la señal celular. Para lo cual nuestro prototipo se colocó en la parte central del laboratorio.
- ❖ Es necesario realizar este tipo de investigación para ayudar que los estudiantes mejoren su rendimiento académico.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Es recomendable asegurarse de que los materiales a utilizar sean de fácil acceso en relación al precio y a la existencia en el mercado nacional.
- ❖ El VCO es la parte esencial para la implementación del prototipo, ya que este componente no se comercializa en el país, por lo que es necesario importarlo con mucho tiempo de anterioridad y así cumplir con el plazo establecido para la terminación del prototipo.
- ❖ Si se quiere tener un mayor alcance en cuanto a la cobertura es necesario trabajar en una etapa de amplificación o a su vez utilizar una antena que nos brinde mayor ganancia a la salida.
- ❖ El dispositivo podría mejorarse agregándole más etapas a la salida dependiendo de la utilización que le vamos dar al mismo ya que se puede incluir un VCO para bloquear la señal wifi.
- ❖ Se aconseja que cada una de las secciones y etapas que conforman el prototipo sean realizadas por separado ya que así se facilita la calibración y funcionamiento de las mismas.
- ❖ Tener muy en cuenta los datasheet de cada uno de los integrados y elementos utilizados para la implementación ya que de esto va a depender la vida útil de los mismos.
- ❖ Se recomienda instalar este prototipo en los laboratorios para mejorar la atención de los estudiantes en horas clase.

## GLOSARIO

<b>AMPS</b>	Sistema Telefónico Móvil Avanzado. (Advanced Mobile Phone Service)
<b>TACS</b>	Total Access Communications System.
<b>MSC</b>	Centro de Conmutación Móvil (Mobile Switching Center)
<b>NCHO</b>	Network Control HandOver
<b>TDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access)
<b>CDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Código (Code Division Multiple Access)
<b>MAHO</b>	Mobile Assisted HandOver
<b>GPRS</b>	Servicio General de Paquetes por Radio (General Packet Radio Service)
<b>EDGE</b>	Tasa de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM (Enhanced Data Rates for GSM Evolution.)
<b>LTE</b>	Evolución a Largo Plazo (Long Term Evolution)
<b>HSPA</b>	Acceso de Paquetes de Alta Velocidad (High Speed Packet Access )
<b>UMTS</b>	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (Universal Mobile Telecommunications System)
<b>3GPP</b>	Proyecto Asociación de Tercera Generación (3 Generation Partnership Project)
<b>SIM</b>	Módulo de Identificación de Abonado (Subscriber Identity Module)
<b>FDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Frecuencia (Frequency Division Multiple Access)
<b>RF</b>	Radiofrecuencia
<b>L.T</b>	Líneas de Transmisión
<b>TEM</b>	Modo Transversal Electromagnético
<b>BW</b>	Ancho de Banda (BandWidth).
<b>BSS</b>	Subsistema de Estación Base (Base Station Subsystem)
<b>BTS</b>	Transceptor de la Estación Base (Base Transceiver Station )
<b>BSC</b>	Controlador de Estación Base (Base Station Controller )
<b>NSS</b>	Subsistema de Conmutación de Red (Network Switching Subsystem.)
<b>MSC</b>	Centro de Conmutación de Servicios Móviles.
<b>PSTN</b>	Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switched Telephone Network)
<b>HLR</b>	Registro de Porción de Base (Home Location Register)

<b>VLR</b>	Registro de Posición de Visitante (Visitor Location Register)
<b>EIR</b>	Registro de Identificación del Equipo
<b>OSS</b>	Subsistema de Soporte Operacional (Operational Support Subsystem).
<b>OMC</b>	Centro de Operación y Mantenimiento.
<b>NMC</b>	Centro de gestión de la red
<b>IMSI</b>	Identificador de Terminal Móvil Internacional
<b>DTE</b>	Equipo Terminal de Datos (Data Terminal Equipment)
<b>DCE</b>	Equipo de Terminación de circuitos de Datos (Data Circuit-terminating Equipment)
<b>EA</b>	Ataque Electrónico (Electronic Attack).
<b>SNR</b>	Relación Señal a Ruido (Signal-to-Noise Ratio)
<b>JSR</b>	Relación Señal a Interferencia (Jam-to-Signal Ratio)
<b>PSR</b>	(Packet Send Ratio)
<b>PDR</b>	(Packet Delivery Ratio)
<b>BER</b>	Relación del Bit de Error (Bit Error Rate)
<b>SER</b>	(Symbol Error Rate)
<b>SIR</b>	(Signal-to-Interference Ratio)
<b>ERP</b>	Potencia Radiada Efectiva
<b>DSSS</b>	Espectro Disperso por Secuencia Directa (Direct Sequence Spread Spectrum)
<b>FHSS</b>	Espectro Disperso por Salto de Frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum)
<b>LPD</b>	Baja Probabilidad de Detección (Low Probability of Detection)
<b>LPI</b>	Baja Probabilidad de Intercepción (Low Probability of Intercept)
<b>FFH</b>	Frecuencia Rápida de Salto (Fast Frequency Hopping)
<b>SFH</b>	Frecuencia Baja de Salto (Slow Frequency Hopping)
<b>INECEL</b>	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
<b>STMC</b>	Servicio de Telefonía Móvil Celular
<b>CONATEL</b>	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
<b>VCO</b>	Oscilador Controlado por Voltaje (Voltage controller Oscillator).
<b>MT</b>	Tono Múltiple (Multiple Tone)
<b>ST</b>	Tono Simple (Single Tone)
<b>PBN</b>	Ruido de Banda Parcial (Partial Band Noise)
<b>BBN</b>	Ruido de Banda Ancha (BroadBand Noise)
<b>GSM</b>	Sistema global de comunicaciones móviles (Global System for Mobile communications).

## BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **ADAMY, D. L.** *Ew 103: Tactical Battlefield Communications Electronic Warfare [en línea]*. USA: Artech House, 2008.  
  
[Consulta: 10/4/16]  
  
[https://books.google.com.ec/books/about/Ew\\_103.html?id=7793SVcHOS8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Ew_103.html?id=7793SVcHOS8C&redir_esc=y).
- ❖ **AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LA TELECOMUNICACIONES (ARCOTEL).** “*Estadísticas del número de abonados de la telefonía móvil en el país*” [En línea], Quito - Ecuador, 2014.  
  
[Consulta: 25/2/16]  
  
[http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/telefoniamovil/estadisticasmovil!/ut/p/z1/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8zijY08DAw8\\_A28DUJcHQ0cg50d3QPDTAwNgoz0C7IdFQH9kQkn/](http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/telefoniamovil/estadisticasmovil!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8zijY08DAw8_A28DUJcHQ0cg50d3QPDTAwNgoz0C7IdFQH9kQkn/)
- ❖ **BORIA, V.** *líneas de transmisión*. Vol. 2 .España, Valencia, 2002, pp. 255-259.
- ❖ **BUTLER, J.** *Redes Inalámbricas en los países en desarrollo*. 3ra .ed., Estados Unidos, New Jersey, 2013, pp. 105-108.
- ❖ **CEVALLOS, E.** *Diseño de inhibidor de señales para telefonía celular que opera con tecnología CDMA. (TESIS)*. Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, Quito - Ecuador. 2006. p.2-4.
- ❖ **CUEVAS, M.** *Redes convergentes*. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D.F – México. 2010. p.25-40
- ❖ **CUZCO, P.** *Diseño, construcción e implementación de un prototipo de inhibidor comercial en las bandas de 850 y 1900 MHz. (TESIS)*. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Electrónica, Cuenca – Ecuador. 2015. p.2-4.



- ❖ **DÍAZ, J.** *Aplicación de técnicas anti-jamming a un sistema de comunicaciones convencional para su explotación en entornos tácticos. (TESIS).* Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Ingeniería de telecomunicaciones, Madrid-España. 2012, pp. 38-39
  
- ❖ **ESTADOS UNIDOS, ETTUS RESEARCH.** Vert900 antenna [En línea].  
[Consulta: 07/04/16]  
<https://www.ettus.com/product/details/VERT900>
  
- ❖ **GRAJALES, E.** Tecnología Celular. [En línea].2012.  
[Consulta: 25/05/16]  
<https://sx-de-tx.wikispaces.com/Tecnologia+Celular>
  
- ❖ **HIRATA, K.** *Diseño de un Generador de Funciones. (TESIS).* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México D.F- México. 2010, pp. 16. [En línea]:  
[Consulta: 29/05/16]  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/619/A1.pdf?sequence=1>
  
- ❖ **ISI, J.** Telefonía Celular. [En línea].  
[Consulta: 22/01/16]  
<http://www.monografias.com/trabajos34/telefonía-celular/telefonía-celular.shtml>.
  
- ❖ **LOBATO, H.** *Diseño y caracterización de antenas omnidireccionales para estación base de la telefonía móvil en la banda PCS. (TESIS).* Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Computación, Electrónica, Física e Innovación, Puebla – México. 2006. p.30 – 40
  
- ❖ **LAURA, S.** *Sistema de Interferencia de señal celular en dispositivos con tecnología GSM. (TESIS).* Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Escuela de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Ambato-Ecuador. 2015. pp. 78.


- ❖ **ESTADOS UNIDOS, MINICIRCUIT.** Voltage controlled Oscillator POS 1060.  
[Consulta: 01/5/16]  
<http://www.minicircuits.com/pdfs/POS-1060.pdf>.
  
- ❖ **ESTADOS UNIDOS, MINICIRCUIT.** Voltage controlled Oscillator POS 2000A.  
[Consulta: 01/5/16]  
<http://www.minicircuits.com/pdfs/POS-2000A.pdf>.
  
- ❖ **MOROCHO, C; VENTURA, J.** *Bloqueo de telefonía celular para 2G Y 2.5G.* (TESIS). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, México D.F – México. 2011. p.1-2.
  
- ❖ **MUYULEMA, P.** *Estudio técnico, diseño implementación de un dispositivo inhibidor de señales de servicio móvil avanzado.* (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, Riobamba-Ecuador. 2014. p.59-65.
  
- ❖ **MURPHY, R.** *Líneas de transmisión y antenas.* (MONOGRAFÍAS). Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Computación, Electrónica, Física e Innovación, Puebla – México. 2006. p.2-5.
  
- ❖ **NAGUA, A.** *Construcción de un circuito de control para tres cargas mediante mensajes SMS (servicio de mensajes cortos), emitidos desde un teléfono celular.* (TESIS). Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos, Quito - Ecuador. 2013. p.2-4.
  
- ❖ **NETO, J.** *Generalidades de las Tecnologías de Comunicación Celular y Satelital GPS,* Ecuador: 2006  
  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2348/1/CD-0023.pdf>.2016-04-20

- ❖ **NOCEDAL, J.** *Rf Jamming. (TESIS)*. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Computación, Electrónica, Física e Innovación, Puebla – México. 2006. p.2-5.
  
- ❖ **PARKER, J.** *Historia del radar*. Chile: 2008. [pdf].  
 [Consulta: 05/4/16]  
[http://www.meteovallirana.es/mediapool/96/966160/data/historia\\_del\\_radar.parker.pdf](http://www.meteovallirana.es/mediapool/96/966160/data/historia_del_radar.parker.pdf).
  
- ❖ **SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL).** *Resolución: Instructivos para la Emisión del Certificado de Registro de Equipos Inhibidores*, Quito- Ecuador, 2011.  
 [Consulta: 25/10/16].  
<http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/09/Procedimiento-de-Registro-de-Inhibidores-de-Señal-3.pdf>
  
- ❖ **SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL).** *Cobertura y Calidad de Servicio*. Quito-Ecuador, Noviembre 2011, pp.26.
  
- ❖ **TOMASI, W.** *Electronic Communications Systems*. 8ª.ed., Estados Unidos, New Jersey, 2010, pp. 867-874..
  
- ❖ **REC. UIT-R P.1238.** *Datos de propagación y modelos de predicción para la planificación de sistemas de radiocomunicaciones de interiores y redes de radiocomunicaciones de área local en la gama de frecuencias de 900mhz a 100ghz:* 1997. [pdf].  
 [Consulta: 22/03/16]  
[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1238-0-199705-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1238-0-199705-S!!PDF-S.pdf)
  
- ❖ **RUIZ, J; MASA, J.** *Antenas y circuitos de alta frecuencia segunda parte, tema 2*. Madrid – España: (2007- 2008). [pdf].  
 [Consulta: 03/2/16]  
[http://arantxa.ii.uam.es/~acaf/Documentacion/TemaIII\\_antenas\\_impresas.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~acaf/Documentacion/TemaIII_antenas_impresas.pdf).

# ANEXOS

## Anexo 1

### Datasheet XR-2206



## XR-2206

Monolithic  
Function Generator

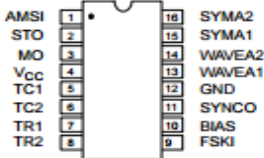
February 2008-8

**FEATURES**

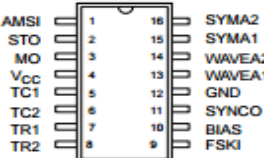
- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ.
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range, 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle, 1% TO 99%

**APPLICATIONS**

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)



**16 Lead PDIP, CDIP (0.300")**



**16 Lead SOIC (Jedec, 0.300")**

**PIN DESCRIPTION**

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal Input.
2	STO	O	Sine or Triangle Wave Output.
3	MO	O	Multiplier Output.
4	V <sub>CC</sub>		Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing Capacitor Input.
6	TC2	I	Timing Capacitor Input.
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output.
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output.
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying Input.
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync Output. This output is a open collector and needs a pull up resistor to V <sub>CC</sub> .
12	GND		Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust Input 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

# XR-2206



## DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 2  $V_{CC} = 12V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $C = 0.01\mu F$ ,  $R_1 = 100k\Omega$ ,  $R_2 = 10k\Omega$ ,  $R_3 = 25k\Omega$   
Unless Otherwise Specified.  $S_1$  open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
<b>General Characteristics</b>								
Single Supply Voltage	<b>10</b>		<b>26</b>	10		26	V	
Split-Supply Voltage	<b>+5</b>		<b>+13</b>	<b>+5</b>		<b>+13</b>	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
<b>Oscillator Section</b>								
Max. Operating Frequency	<b>0.5</b>	1		0.5	1		MHz	$C = 1000pF$ , $R_1 = 1k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\mu F$ , $R_1 = 2M\Omega$
Frequency Accuracy		<b>+1</b>	<b>+4</b>		<b>+2</b>		% of $f_0$	$f_0 = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		<b>+10</b>	<b>+50</b>		<b>+20</b>		ppm/°C	$0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$ $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sine Wave Amplitude Stability <sup>2</sup>		4800			4800		ppm/°C	
Supply Sensitivity		0.01	<b>0.1</b>		0.01		%/V	$V_{LOW} = 10V$ , $V_{HIGH} = 20V$ , $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$f_H @ R_1 = 1k\Omega$ $f_L @ R_1 = 2M\Omega$
<b>Sweep Linearity</b>								
10:1 Sweep		2			2		%	$f_L = 1kHz$ , $f_H = 10kHz$
1000:1 Sweep		8			8		%	$f_L = 100Hz$ , $f_H = 100kHz$
FM Distortion		0.1			0.1		%	$\pm 10\%$ Deviation
<b>Recommended Timing Components</b>								
Timing Capacitor: C	<b>0.001</b>		100	0.001		100	$\mu F$	Figure 5
Timing Resistors: $R_1$ & $R_2$	<b>1</b>		2000	1		2000	k $\Omega$	
<b>Triangle Sine Wave Output<sup>1</sup></b>								
Figure 3								
Triangle Amplitude		160			160		mV/k $\Omega$	Figure 2, $S_1$ Open
Sine Wave Amplitude	<b>40</b>	60	80		60		mV/k $\Omega$	Figure 2, $S_1$ Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-p	
Output Impedance		600			600		$\Omega$	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
<b>Sine Wave Distortion</b>								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30k\Omega$
With Adjustment		0.4	<b>1.0</b>		0.5	1.5	%	See Figure 7 and Figure 8

### Notes

<sup>1</sup> Output amplitude is directly proportional to the resistance,  $R_3$ , on Pin 3. See Figure 3.

<sup>2</sup> For maximum amplitude stability,  $R_3$  should be a positive temperature coefficient resistor.

**Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

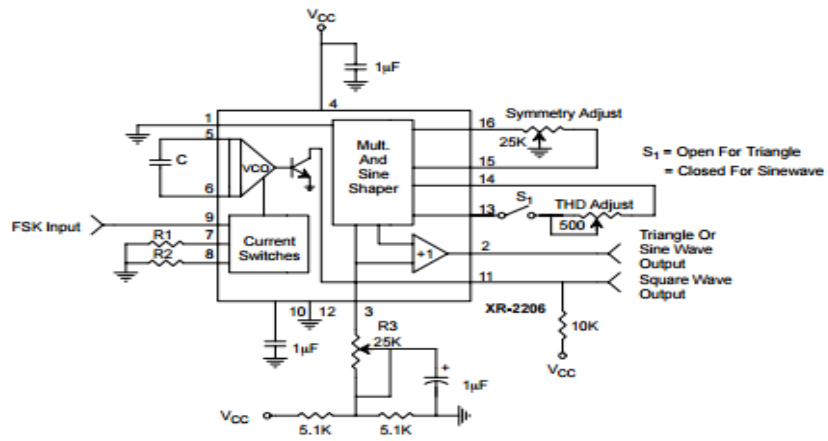


Figure 2. Basic Test Circuit

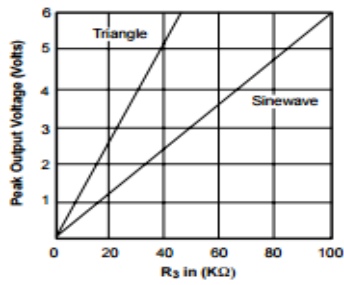


Figure 3. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R3, at Pin 3

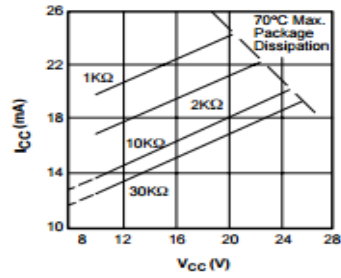


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing, R

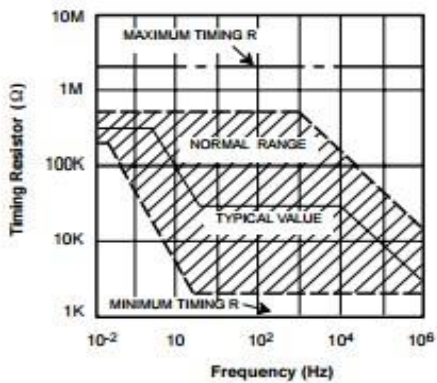


Figure 5. R versus Oscillation Frequency.

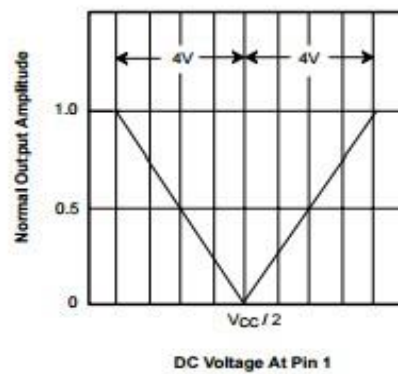


Figure 6. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1)

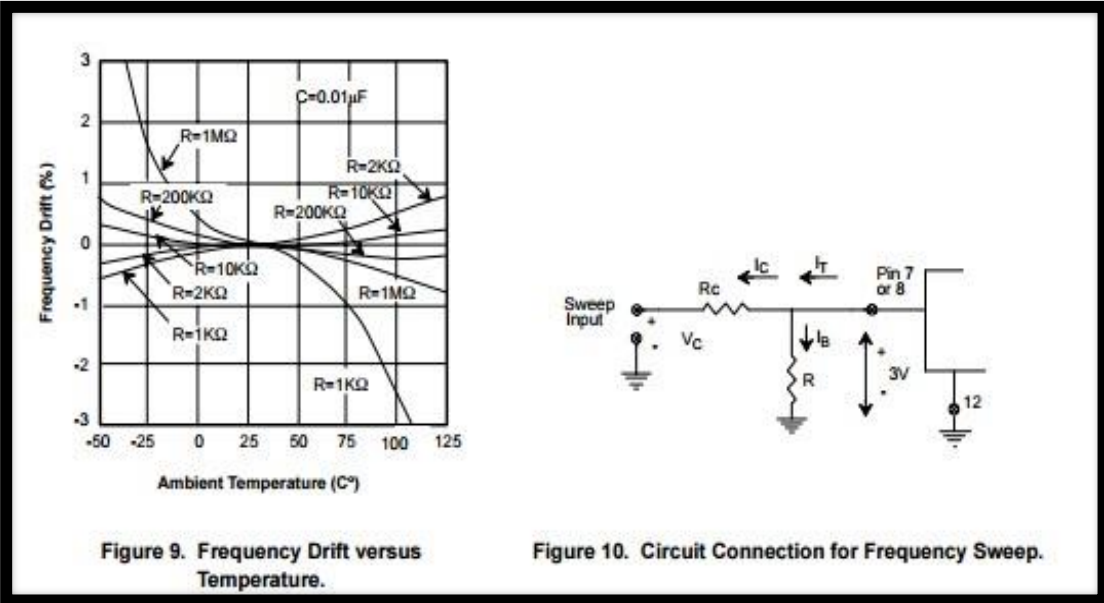
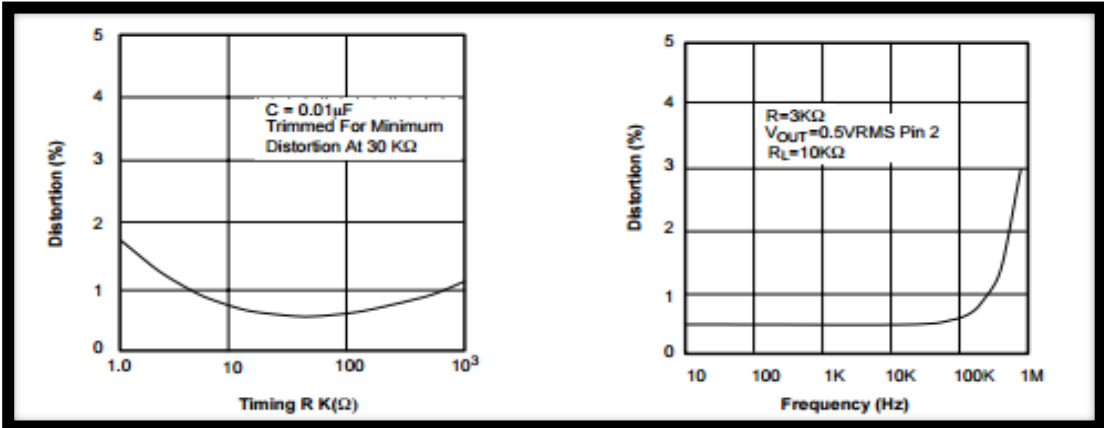


Figure 9. Frequency Drift versus Temperature.

Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep.

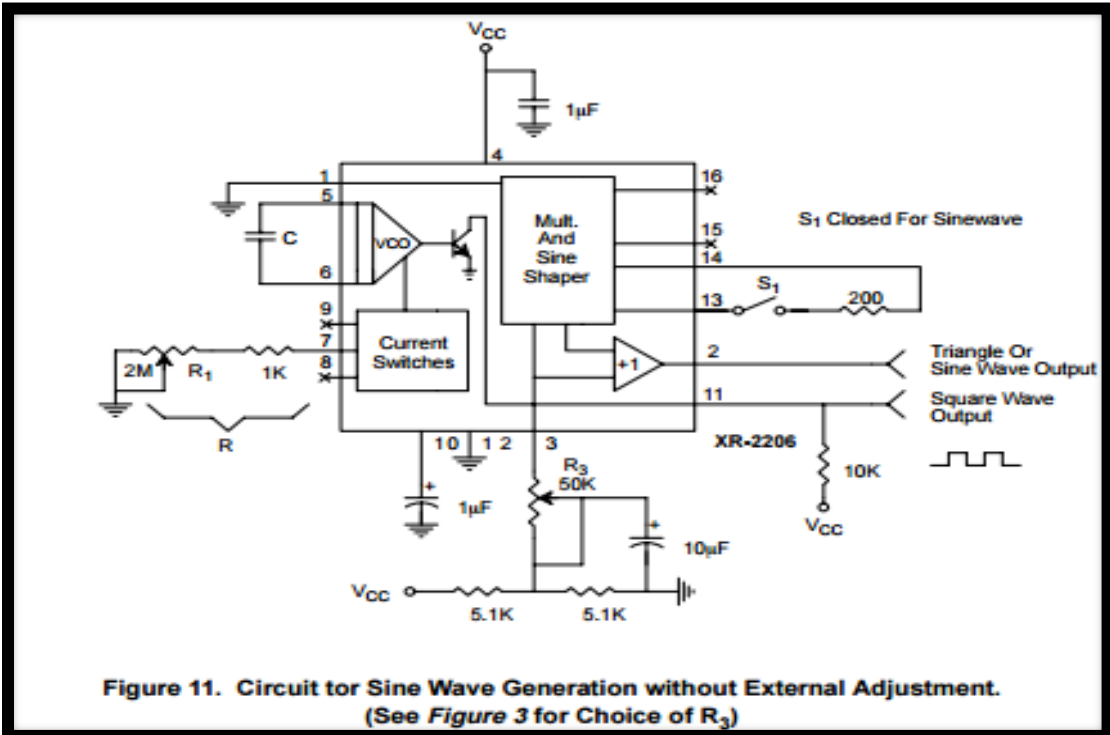


Figure 11. Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment. (See Figure 3 for Choice of R<sub>3</sub>)

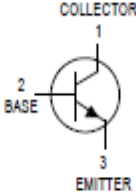
Datasheet Transistor 2N2222


**MOTOROLA**  
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document  
by P2N2222AD

## Amplifier Transistors

### NPN Silicon





**P2N2222A**

CASE 29-04, STYLE 17  
TO-92 (TO-226AA)

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	40	Vdc
Collector-Base Voltage	V <sub>CBO</sub>	75	Vdc
Emitter-Base Voltage	V <sub>EBO</sub>	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I <sub>C</sub>	600	mA <sub>dc</sub>
Total Device Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T <sub>C</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	1.5 12	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C

**THERMAL CHARACTERISTICS**

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	R <sub>θJA</sub>	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	R <sub>θJC</sub>	83.3	°C/W

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

**OFF CHARACTERISTICS**

Collector-Emitter Breakdown Voltage (I <sub>C</sub> = 10 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 0)	V <sub>(BR)CEO</sub>	40	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage (I <sub>C</sub> = 10 μA <sub>dc</sub> , I <sub>E</sub> = 0)	V <sub>(BR)CBO</sub>	75	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage (I <sub>E</sub> = 10 μA <sub>dc</sub> , I <sub>C</sub> = 0)	V <sub>(BR)EBO</sub>	6.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 60 Vdc, V <sub>EB(off)</sub> = 3.0 Vdc)	I <sub>CEX</sub>	—	10	nA <sub>dc</sub>
Collector Cutoff Current (V <sub>CB</sub> = 60 Vdc, I <sub>E</sub> = 0) (V <sub>CB</sub> = 60 Vdc, I <sub>E</sub> = 0, T <sub>A</sub> = 150°C)	I <sub>CBO</sub>	—	0.01 10	μA <sub>dc</sub>
Emitter Cutoff Current (V <sub>EB</sub> = 3.0 Vdc, I <sub>C</sub> = 0)	I <sub>EBO</sub>	—	10	nA <sub>dc</sub>
Collector Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 10 V)	I <sub>CEO</sub>	—	10	nA <sub>dc</sub>
Base Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 60 Vdc, V <sub>EB(off)</sub> = 3.0 Vdc)	I <sub>BEX</sub>	—	20	nA <sub>dc</sub>



**P2N2222A****ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	
<b>ON CHARACTERISTICS</b>					
DC Current Gain ( $I_C = 0.1\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $T_A = -55^\circ\text{C}$ ) ( $I_C = 150\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ ) <sup>(1)</sup> ( $I_C = 150\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$ ) <sup>(1)</sup> ( $I_C = 500\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ ) <sup>(1)</sup>	$h_{FE}$	35 50 75 35 100 50 40	— — — — 300 — —	—	
Collector–Emitter Saturation Voltage <sup>(1)</sup> ( $I_C = 150\text{ mAdc}$ , $I_B = 15\text{ mAdc}$ ) ( $I_C = 500\text{ mAdc}$ , $I_B = 50\text{ mAdc}$ )	$V_{CE(sat)}$	— —	0.3 1.0	Vdc	
Base–Emitter Saturation Voltage <sup>(1)</sup> ( $I_C = 150\text{ mAdc}$ , $I_B = 15\text{ mAdc}$ ) ( $I_C = 500\text{ mAdc}$ , $I_B = 50\text{ mAdc}$ )	$V_{BE(sat)}$	0.6 —	1.2 2.0	Vdc	
<b>SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS</b>					
Current–Gain — Bandwidth Product <sup>(2)</sup> ( $I_C = 20\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 20\text{ Vdc}$ , $f = 100\text{ MHz}$ )	$f_T$	300	—	MHz	
Output Capacitance ( $V_{CB} = 10\text{ Vdc}$ , $I_E = 0$ , $f = 1.0\text{ MHz}$ )	$C_{obo}$	—	8.0	pF	
Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5\text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0\text{ MHz}$ )	$C_{ibo}$	—	25	pF	
Input Impedance ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	$h_{ie}$	2.0 0.25	8.0 1.25	k $\Omega$	
Voltage Feedback Ratio ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	$h_{re}$	— —	8.0 4.0	$\times 10^{-4}$	
Small–Signal Current Gain ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	$h_{fe}$	50 75	300 375	—	
Output Admittance ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	$h_{oe}$	5.0 25	35 200	$\mu\text{mhos}$	
Collector Base Time Constant ( $I_E = 20\text{ mAdc}$ , $V_{CB} = 20\text{ Vdc}$ , $f = 31.8\text{ MHz}$ )	$\tau_b/C_C$	—	150	ps	
Noise Figure ( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $R_S = 1.0\text{ k}\Omega$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	$N_F$	—	4.0	dB	
<b>SWITCHING CHARACTERISTICS</b>					
Delay Time	$(V_{CC} = 30\text{ Vdc}$ , $V_{BE(off)} = -2.0\text{ Vdc}$ , $I_C = 150\text{ mAdc}$ , $I_{B1} = 15\text{ mAdc}$ ) (Figure 1)	$t_d$	—	10	ns
Rise Time		$t_r$	—	25	ns
Storage Time	$(V_{CC} = 30\text{ Vdc}$ , $I_C = 150\text{ mAdc}$ , $I_{B1} = I_{B2} = 15\text{ mAdc}$ ) (Figure 2)	$t_s$	—	225	ns
Fall Time		$t_f$	—	60	ns

1. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .2.  $f_T$  is defined as the frequency at which  $|h_{fe}|$  extrapolates to unity.

### SWITCHING TIME EQUIVALENT TEST CIRCUITS

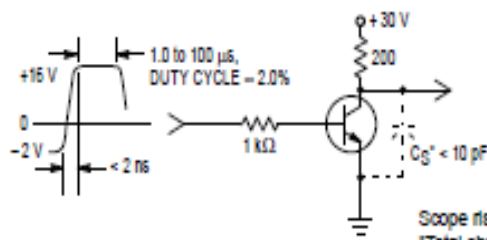


Figure 1. Turn-On Time

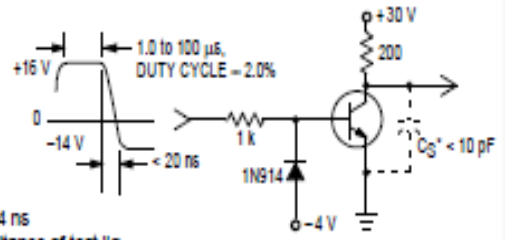


Figure 2. Turn-Off Time

Scope rise time  $< 4\text{ ns}$   
 \*Total shunt capacitance of test jig,  
 connectors, and oscilloscope.

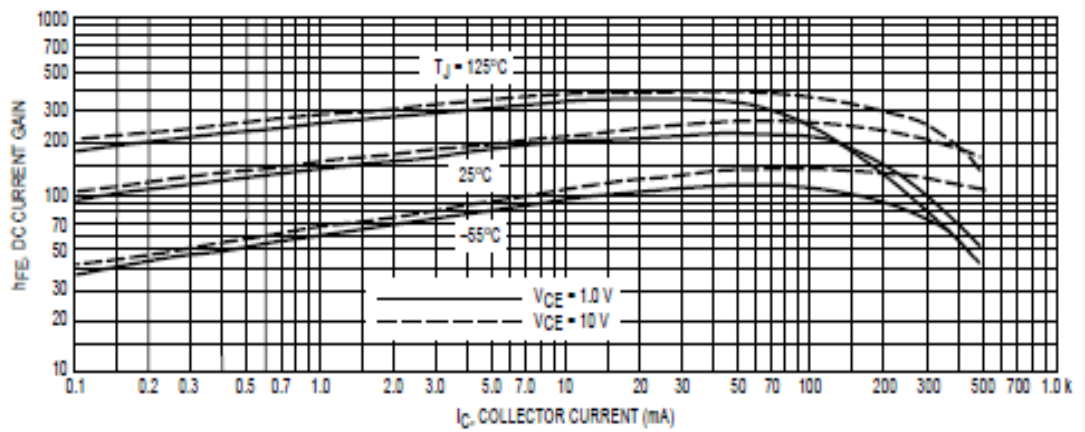


Figure 3. DC Current Gain

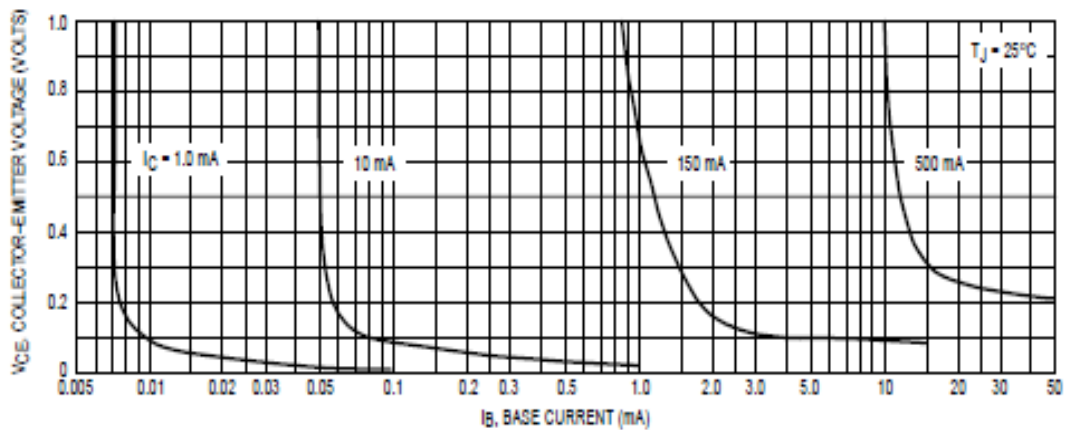


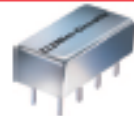
Figure 4. Collector Saturation Region

Datasheet POS-1060

# Plug-In Voltage Controlled Oscillator

**POS-1060+**  
**POS-1060**

Linear Tuning 750 to 1060 MHz



CASE STYLE: A06  
PRICE: \$ 14.95 ea. QTY (5-49)

**Features**

- wide tuning range
- 3 dB modulation bandwidth 1 MHz, typ.
- low phase noise
- hermetically sealed

**Applications**

- cellular up & down converters
- CATV distribution sat top converters
- agile communications systems
- test instruments

**RoHS Compliant**  
Do + Substitute for RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance information and qualifications.

**Electrical Specifications**

FREQUENCY (MHz)	POWER OUTPUT (dBm)	TUNING VOLTAGE (V)	PHASE NOISE (dBc/Hz)				PULLING pk-pk @ 12 dBc (MHz)	PUSHING (MHz/V)	TUNING SENSITIVITY (MHz/V)	HARMONICS (dBc)		3 dB MODULATION BANDWIDTH (MHz)	DC OPERATING POWER	
			1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz				Typ.	Max.		Vcc (volts)	Current (mA) Max.
Min. Max.	Typ.	Min. Max.	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	Typ.	Typ.	Typ.	Typ.	Max.	Typ.	Vcc	Current
750 1060	+12.0	1 20	-65	-80	-110	-130	50	3.0	10-32	-11	—	1.0	8	30

**Pin Connections**

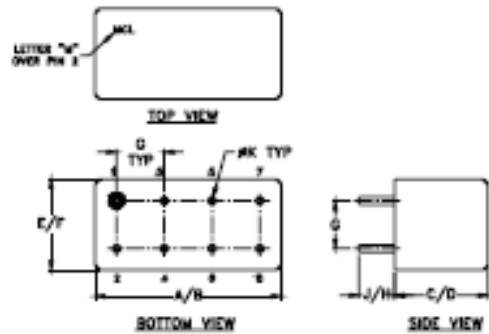
RF OUT	2
VCC	1
V-TUNE	0
GROUND	3,4,5,6,7
CASE GROUND	3,4,5,6,7

**Maximum Ratings**

Operating Temperature	-55°C to 85°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
Absolute Max. Supply Voltage (Vcc)	+9.0V
Absolute Max. Tuning Voltage (Vtune)	+22V

all specifications 50 ohm system  
permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.

**Outline Drawing**



**Outline Dimensions (inches)**

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	wt
.770	.800	.285	.310	.370	.600	.200	.20	.14	.031	grams
19.550	20.32	7.239	7.874	9.398	15.116	5.08	5.08	3.544	0.7874	0.2

NOTE:  
A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be executed and conform to a part of the specification document.  
B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' typical applications and are not guaranteed in every case.  
C. The data shown in this specification document are subject to change without notice and are not intended to be used for design purposes. For more information, please visit our website at [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com).  
D. Dimensions and weights conform to MIL-STD-883C, Class B, Method 2000, and are subject to change without notice. © 2004 Mini-Circuits, Inc. All rights reserved.

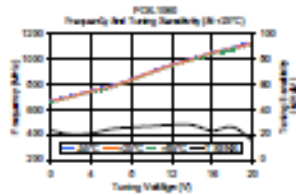


[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 25195, Brooklyn, NY 11225-0001 (718) 924-4500 sales@minicircuits.com

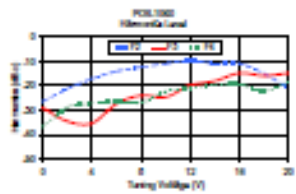
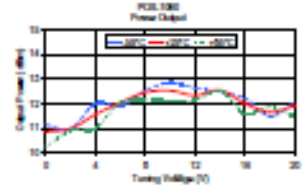
REVISION  
MINI-CIRCUITS  
POS-1060  
REV. 01/04/04  
Page 1 of 2

# POS-1060+ POS-1060

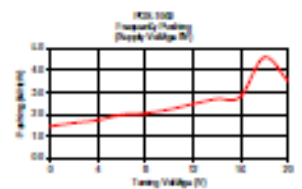
## Performance Data & Curves



V TUNE	TUNING SWR <sub>1</sub> (dB)	FREQUENCY (MHz)			POWER OUTPUT (dBm)		
		-65°C	+25°C	+65°C	-65°C	+25°C	+65°C
0.00	25.36	687.98	800.16	822.45	11.14	10.85	10.26
2.00	19.90	706.71	827.66	850.63	10.98	10.98	10.90
4.00	20.73	739.19	741.26	732.14	12.00	11.64	11.30
6.00	24.32	786.83	777.64	770.51	11.90	12.54	12.36
8.00	26.00	841.58	803.08	800.57	12.52	12.45	12.15
10.00	26.61	901.15	830.70	834.16	12.85	12.52	12.11
12.00	27.64	969.47	860.21	838.49	12.63	12.33	12.14
14.00	27.40	1002.41	884.54	886.85	12.48	12.54	12.51
16.00	25.00	1062.51	1046.38	1037.38	12.20	12.00	11.80
18.00	25.88	1092.75	1083.05	1067.83	11.49	11.64	11.80
20.00	14.64	1138.66	1124.15	1108.51	12.03	11.82	11.49



V TUNE	HARMONICS (dBc)			P <sub>10dB</sub> PAIRING (dBm/V)
	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
0.00	-26.65	-28.95	-32.75	1.65
2.00	-21.14	-24.62	-28.82	1.60
4.00	-17.10	-26.34	-27.13	1.73
6.00	-13.96	-27.35	-26.30	1.97
8.00	-12.30	-23.93	-26.60	2.04
10.00	-10.84	-24.68	-22.23	2.21
12.00	-9.60	-19.71	-20.91	2.46
14.00	-10.84	-17.99	-19.54	2.69
16.00	-10.78	-14.74	-19.27	2.79
18.00	-14.89	-15.21	-22.11	4.59
20.00	-20.96	-14.73	-18.43	3.62



Notes:  
 A. Performance and quality attributes are conditional expressly stated in this specification document are intended to be accurate and correct only as part of this specification document.  
 B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' specifications and do not constitute a warranty or performance claim and disclaimer of liability.  
 C. This data, wherever this specification document is subject to Mini-Circuits' standard sales terms and conditions, including: "Standard Terms, Conditions, Warranties, and Disclaimers" at [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com).  
 D. All rights are hereby conferred herein, for a full statement of the standard terms and conditions apply, the standard terms, conditions, warranties, and disclaimers are available at [www.minicircuits.com/terms.jsp](http://www.minicircuits.com/terms.jsp)



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 25195, Brooklyn, NY 11225-0005 (718) 334-6500 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com)

*Non-Catalog Model*

**Voltage Controlled Oscillator**

**POS-2000+  
POS-2000**



CASE STYLE: A06

**Important Note**

This is a non-catalog model and can be manufactured on specific request. Pricing and delivery information can be supplied upon request.

Please click 'Back', and then click 'Contact Us' for Applications support.

**+RoHS Compliant**  
The +RoHS and/or RoHS Compliant. See our web site for RoHS Compliance methodology and qualifications.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS 500				
Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Frequency	1370		2000	MHz
Tuning Voltage	1.0		20	V
Power Output		+10		dBm
Phase Noise				
at 1 kHz offset		-70		dBc/Hz
at 10 kHz offset		-95		dBc/Hz
at 100 kHz offset		-115		dBc/Hz
at 1000 kHz offset		-135		dBc/Hz
Pulling at 12 dBm PK-PK all phases		28		MHz
Pushing		1.5		MHz/V
Tuning Sensitivity		30-50		MHz/V
Harmonic Suppression		-11		dBc
3dB Modulation Bandwidth		1000		MHz
Supply Voltage		8		V
Supply Current			30	mA

MAXIMUM RATINGS	
Operating Temperature	-55°C to 85°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
Absolute Max. Supply Voltage (Vcc)	+10V
Absolute Max. Tuning Voltage (Vtune)	+22V

PIN CONNECTIONS	
RF OUT	2
VCC	1
V-TUNE	8
GND EXT	3,4,5,6,7

**Notes**  
 A. Performance and quality attributes and conditions not explicitly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.  
 B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions.  
 C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits' standard intellectual property and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"). Purchase of this part is entitl to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies therefor, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/MCULStandardTerms.jsp](http://www.minicircuits.com/MCULStandardTerms.jsp)