



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“ESTUDIO TÉCNICO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
DISPOSITIVO INHIBIDOR DE SEÑALES DEL SERVICIO
MÓVIL AVANZADO (SMA)”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención de título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

Presentado por:

PABLO SEBASTIAN MUYULEMA MACAS

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto se ha realizado con dedicación y con un gran sentimiento de gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a DIOS por permitir darme la vida para realizar este proyecto.

En especial a nuestra querida Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, por brindarnos el conocimiento científico y facilitarnos los equipos tecnológicos necesarios para la realización de nuestra tesis.

A nuestros Maestros Ing. Franklin Moreno, Ing. José Guerra, quienes con dedicación y responsabilidad, supieron guiarnos impartiendo adecuadamente sus conocimientos para el desarrollo del proyecto.

A mis padres por brindarme todo el apoyo en el transcurso de mi carrera y toda su paciencia.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios por darme la vida, a la Virgen del Cisne por ser la luz y guía en mi camino mostrándome siempre el sendero correcto, a mi abuelito Matías que aunque se fue muy pronto sus enseñanzas y valores me han llevado a donde estoy.

A mis queridos padres por saber formarme y enseñarme que con perseverancia y esfuerzo se logra las metas propuestas, a mis hermanos y hermanas compañeras de vida siendo siempre mi apoyo incondicional, a mis sobrinos amados con sus pequeños y valiosos aportes.

A toda mi familia por su apoyo incondicional y su confianza, el impulso brindado por todos es muy gratificante y brinda seguridad en un futuro profesional.

A todos los maestros de la ESPOCH de la Escuela de Ingeniería Electrónica en telecomunicaciones por compartir sus conocimientos, a mis amigos por su colaboración y apoyo.

“El que persevera Alcanza”

Pablo Sebastian Muyulema Macas

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Gonzalo Samaniego, Ph.D.		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Franklin Moreno		
DIRECTOR DE ESCUELA INGENIERÍA ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES
Ing. Franklin Moreno		
DIRECTOR DE TESIS
Ing. José Guerra		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
DIRECTOR DPTO DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Yo, **Pablo Sebastián Muyulema Macas**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**”.

Pablo Sebastián Muyulema Macas

AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AMPS	Sistema de Telefonía móvil avanzado (advanced Mobile Phone System).
ASK	Modulación por Desplazamiento de Amplitud (Amplitude-shift keying).
BS	Estación Base (Base station).
BSC	Estación Base de Control (Base Station Control).
CDMA	Acceso múltiple por división de Código (Code Division Multiple Access).
CN	Red Central (Central Network).
DAMPS	Sistema de telefonía digital móvil avanzado (Digital-Advanced Movil Phone System).
DSSS	Espectro Disperso por secuencia directa (Direct Sequence spread Spectrum).
EA	Ataque Electrónico (Electronic Attack).
EDGE	Tasas de datos mejoras para la evolución de GSM (Enhanced Data-Rates for GSM Evolution).
EMCOM	Control de emisiones (Emission Control)
ES	Soporte Electrónico (Electronic support).
EW	Guerra Electrónica (Electronic Warfare).
F-FH	Salto de frecuencia rápida (Fast Frequency Hopping)
FDD	Duplexaje por división de Frecuencia (Frequency Division duplex).
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FHSS	Espectro disperso por salto de frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum).

FSK	Modulacion por Desplazamiento de Frecuencia (Frequency-shift Keying).
GPRS	Servicio general de paquetes por radio (General Packet Radio Service).
GSM	Sistema Global de las comunicaciones móviles (global system for Mobile communications).
IMT-2000	Telecomunicaciones móviles internacionales (International Movil Telecommunications 2000).
IP	Protocolo de internet (Internet Protocol)-
ISDN	Red digital de servicios integrados (Integrated Services Digital Network).
ITU	Union internacional de telecomunicaciones (international Telecommunication Union).
LPD	Baja probabilidad de detección (low Probability of Detection).
LPI	Baja probabilidad de interceptación (low Probability of intercep).
RF	Radio frecuencia (Radius Frequency)
JSR	Señal de radio del bloqueador (Jam-to-Signal Ratio)
PSR	Relación de Entrega de Paquetes (Packet Delivery Ratio)
PDR	Relación de Entrega de Paquetes (Packet Delivery Ratio)
BER	Bit Error de Velocidad (Bit Error Rate)
SER	Símbolo de error de velocidad (Symbol Error Rate)
SIR	Relación señal a interferencia (Signal-to-Interference Ratio)
PE	Protección Electrónica (Electronic Potency)
FH	Frecuencia Hopping (Frequency Hopping)
SFH	Slow Frequency Hopping
BBN	Ancho deBanda del ruido (Broad Band Noise)

NBN	Banda estrecha de ruido (Narrow-Band Noise)
MTS	Sistema móvil de telefonía (Mobile Telephone System)
IMTS	Improved Mobile Telephone System
ARTS	Servicio Teléfono Radio Americana (American Radio Telephone Service)
TDMA	Acceso Múltiple por división de tiempo (Time Division Multiple Access)
USDC	Celular Digital U.S (U.S. Digital Cellular)
IDEN	Red Digital Integrada Mejorada (Integrated Digital Enhanced Network)
BSS	Subsistema de Estación Base (Base Station Subsystem)
NSS	Subsistema de Red y Switch (Network and Switching Subsystem)
OSS	Subsistema de Soporte Operacional (Operational Support Subsystem)
BTS	Estación Base Transceptor (Base Transceiver Station)
MSC	Mobile Switching Center
GMSK	Minimo cambio de Clave Gausiana (Gaussian Minimum Shift Keying)
PCS	Personal Communications Services
VHF	Muy Alta Frecuencia (Very High Frequency)
UHF	Ultra Alta Frecuencia (Ultra High Frequency)
VCO	Controlador por Voltaje Oscilator (Voltage Controlled Oscilator)
MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuits
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones Ecuador
SENATEL	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones Ecuador
SUPERTEL	Superintendencia Nacional de Telecomunicaciones Ecuador

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPÍTULO I.....	
MARCO REFERENCIAL.....	
1.1 GENERALIDADES.....	17
1.2 ANTECEDENTES	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 OBJETIVOS	21
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.5. HIPÓTESIS.....	21
1.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	21
1.6.1 Observación.-.....	21
1.6.2. Planteamiento del problema.-.....	22
1.6.3. Formulación de hipótesis.-	22
1.6.4. Experimentación.-	22
1.6.5. Análisis e interpretación de resultados.-	22

1.6.6.	Comprobación de la hipótesis.-	22
1.6.7.	Conclusiones.-	22
1.6.8.	Técnicas	22
1.7	PLAN GENERAL DE TRABAJO	23
CAPÍTULO II		
MARCO TEÓRICO		25
2.1	HISTORIA DE LA TELEFONÍA MÓVIL	25
2.1.1	Primera Generación 1G	27
2.1.2	Segunda generación 2G	28
2.1.2.1	Generación 2.5G	29
2.1.3	Tercera generación 3G	31
2.1.4	Cuarta generación 4G	33
2.2	ACCESO MÚLTIPLE	34
2.2.1	Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)	34
2.2.2	Acceso Múltiple por División de tiempo (TDMA)	35
2.2.3	Code División Multiple Access (CDMA)	37
2.3.	CONCEPTO DE SPREAD SPECTRUM EXT (ESPECTRO EXTENDIDO)	39
2.3.1	Posibilidad de acceso múltiple	42
2.3.2	Baja posibilidad de ser interceptada	43
2.3.3	Alta inmunidad frente a interferencias	43
2.4	ALTA INMUNIDAD FRENTE A INTERFERENCIAS DE SEÑALES MULTITRAYECTO	44
2.4.1	Técnicas de Modulación Spread Spectrum	45
2.4.2	Frequency Hopping Spread Spectrum FHSS	45
2.4.2.1	Generación de una señal FHSS	50
2.4.3	Time Hopping Spread Spectrum THSS	52
2.4.4	Direct Sequence Spread Spectrum DSSS	52
2.4.4.1	Generación de una Señal DSSS	53
2.4.5	Hybrid spread Spectrum HSS	57
2.5	SECUENCIAS DE ENSANCHAMIENTO	58
2.6	CONTROL DE POTENCIA	59
2.7	GSM	60

2.7.1	Arquitectura de la red GSM	60
2.7.1.1.	BSS (Base Station Subsystem)	62
2.7.1.2	NSS	63
2.7.1.3	OSS (Operational Support Subsystem).....	66
2.7.2.	Servicios y Aplicaciones del GSM	66
2.7.2.1.	Servicios Básicos	67
2.7.3	Salto de frecuencias.....	70
2.7.4	Bandas de Frecuencias de los Sistemas GSM	71
2.7.4.1	GSM-900	71
2.7.4.2	DCS-1800.....	72
2.7.4.3	PCS-1900	73
2.8	ABONADOS DE TELEFONÍA FIJA Y TELEFONÍA MÓVIL	74
2.9	NÚMERO TOTAL DE BASE POR OPERADORA	75
2.9.1	CONECCEL S.A – CLARO.....	75
2.9.2	OTECCEL S.A.	76
2.9.3	CNT-EP.....	77
CAPITULO III		
ESTRATEGIAS Y MEDIOS DE BLOQUEO.....		79
3.0	GUERRA ELECTRÓNICA.....	79
3.1	PRINCIPIOS DE LA EW	81
3.2	PROTECCIÓN ELECTRÓNICA	82
3.3	SOPORTE ELECTRÓNICO.....	83
3.4	ATAQUE ELECTRÓNICO	84
3.5	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN E INTERCEPCIÓN	84
3.6	ESTRATEGIAS DE JAMMER.....	85
3.6.1	Jammer por ruido	86
3.6.1.1	Jammer por ruido de banda-ancha	87
3.6.1.2	Jammer por ruido de banda-parcial	87
3.6.1.3	Jammer por ruido de banda-angosta.....	88
3.6.2	Jammer por tonos.....	88
3.6.3	Jammer por Pulsos	89
3.6.4	Jammer por Barrido.....	89

3.6.5 Jammer por Seguimiento	91
3.6.6 Jammer Inteligente.....	92
3.7 TÉCNICAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL JAMMER	93
3.7.1 Look-Through.....	93
3.7.2 Potencia compartida	94
3.7.3 Tiempo compartido.....	94
3.8 TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE JAMMER	95
3.8.1 Jamming Constante	95
3.8.2 Jamming de Engaño	95
3.8.3 Jamming Aleatorio.....	96
3.8.4 Jamming Reactivo	96
CAPITULO IV	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL JAMMER	97
4.1 Requerimiento del Jammer	97
4.1.1 Potencia	98
4.1.1.1 Predicción de potencia	98
4.1.2 Frecuencia	101
4.2 DISEÑO DEL JAMMER	104
4.2.1 Sección de Alimentación	104
4.2.2 Sección de Oscilación.....	105
4.2.2.2 Frecuencias De Oscilación	109
4.2.3 Sección RF.....	116
4.2.3.1 VCO.....	117
4.2.3.2 Línea De Transmisión	117
CAPÍTULO V	
EVALUACIÓN DE RESULTADOS	120
5.1 CIRCUITO DE BLOQUEO	120
5.2 EVALUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	125
5.2.1 Sección RF.....	127
5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS PARA CELULARES 2G Y 2.5G	130
5.3.1 Jammer Apagado (off)	130
5.3.2 Área de Cobertura	132

5.4 PROYECCIÓN PARA CELULARES 3G Y 3.5G	133
---	-----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Acceso múltiple por división de frecuencia	35
Figura II.2 Acceso múltiple por división de Tiempo	36
Figura II.3 Acceso Múltiple por División de Códigos (CDMA)	38
Figura II.4 Principio Espectro Extendido.....	40
Figura II.5 Diagrama a bloques de un sistema de comunicación digital Spread Spectrum	41
Figura II.6 Acceso Multiple en Spread Spectrum	43
Figura II.7 Baja Probabilidad de intercepcion en una señal Spread Spectrum	43
Figura II.8 Alta inmunidad ante Interferencias en Spread Spectrum	44
Figura II.9 Alta inmunidad frente interferencia de señales multitrayecto	44
Figura II.10 Principio Frequency Hopping	47
Figura II.11 Espectro disperso por salto de frecuencias	48
Figura II.12 Ejemplo de FHSS lento	49
Figura II.13 Ejemplo de FHSS Rapido	50
Figura II.14 Transmisor Frequency Hopping.....	51
Figura II.15 Transmisor Direct Sequence Spread Spectrum.....	53
Figura II.16 Diagrama a bloques de un sistema DSSS	56
Figura II.17 Arquitectura GSM.....	61
Figura II.18 Subsistema de Estación Base (BSS).....	62
Figura II.19 Subsistema de Red (NSS).....	65
Figura II.20 Tele servicios y servicios Portadores.....	67
Figura II.21 Banda de frecuencia GSM 900 MHz.....	72
Figura II.22 Banda de frecuencia DCS-1800 MHz.....	73
Figura II.23 Banda de frecuencia PCS-1900 MHz	74
Figura II.24 Incremento De Radiobases vs Incremento de Líneas Activas de los últimos 5 años de la operadora CONECEL S.A.	76
Figura II.25 Incremento De Radiobases vs Incremento de Líneas Activas de los últimos 5 años de la operadora OTECEL S.A.	76
Figura II.26 Incremento De Radiobases vs Incremento de Líneas Activas de los últimos 5 años de la operadora CNT-EP	78
Figura III.27 Puntos de Ataque dentro del Electromagnetismo.....	80
Figura III.28 Componentes de la Guerra Electrónica	81
Figura III.29 Bloqueo de canales del espectro usando jamming por ruido	87
Figura III.30 Estrategias del Jamming.....	93
Figura IV.31 Gráfica del modelo Okumura-Hata.	101
Figura IV.32 Gráfica del modelo ITU para interiores	103
Figura IV.33 Diagrama de Bloques del Jammer.....	104
Figura IV.34 Diagrama de Bloques de la Fuente de Alimentación.....	104
Figura IV.35 Comparación en linealidad de señales	106

Figura IV.36 Diagrama De Bloques De Un Generador Triangular	107
Figura IV.37 Circuito de onda triangular	107
Figura IV.38 Formas De Onda De Entrada Y Salida Del Generador Triangular	108
Figura IV.39 Circuito Generador De Onda Triangular De Precisión	110
Figura IV.40 Formas De Onda De Entrada Y Salida Del Generador Triangular	110
Figura IV.41 Relación Vpp con R3	111
Figura IV.42 Transistor 2N2222	113
Figura IV.43 Configuración en Emisor común.	114
Figura IV.44 Recta de Carga	115
Figura IV.45 Recta de carga Resultante.....	116
Figura IV.46 Diagrama de bloques de la sección RF	116
Figura IV.47 Tipos de línea plana.....	118
Figura V.48 Implementación en protoboard	121
Figura v.49 Diseño Del Jammer.....	121
Figura V.50 Diseño Del Jammer en 3D	122
Figura V.51 Placa Impresa Para Los Elementos Requeridos	122
Figura V.52 Elementos Principales Del Circuito.....	123
Figura V.53 Regulador de voltaje con multímetro incluido	124
Figura V.54 Circuito Terminado de Modulación	124
Figura V.55 Onda Cuadrada Utilizando El Osciloscopio.....	126
Figura V.56 Medición a la salida del Transistor 2N2222.....	126
Figura V.57 Circuito Seccion RF	127
Figura V.58 circuito Seccion RF en 3D	128
Figura V.59 Medición de Frecuencias 850-1060.....	128
Figura V.60 Jammer Encendido y Barrido de Frecuencas.....	129
Figura V.60 Funcionamiento de los Celulares con el Jammer Apagado.....	131
Figura V.61 Funcionamiento de los Celulares con el Jammer Encendido.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Bandas de Frecuencias de los Sistemas 2G y 2.5G	30
Tabla II.II Tabla De Banda De Frecuencias GSM-900	71
Tabla II.III Tabla de banda de frecuencias GSM-1800	72
Tabla II.IV Tabla de banda de frecuencias GSM-1900	73
Tabla II.V Resumen Nacional de Abonados y Líneas Activas por Concesionario.....	74
Tabla II.VI Abonados de telefonía fija y telefonía móvil	75
Tabla II.VII Total de Estaciones Base CONECEL S.A	76
Tabla II.VIII Total de Estaciones Base OTECEL S.A	77
Tabla II.IX Total de Estaciones Base CNT-EP	78
Tabla IV.X Modelo Okumura-Hat	100
Tabla IV.XI Diferentes valores para la atenuación exponencial.	102
Tabla IV.XII Modelo ITU para interiores.....	102
Tabla IV.XIII Características eléctricas del XR-2206 para la señal triangular	111
Tabla IV.XIV Frecuencias de Salida en función del voltaje de entrada.	112
Tabla IV.XV Características Eléctricas del 2N2222	113
Tabla IV.XVI Especificaciones eléctricas del VCO POS 1060	117
Tabla V.XVII Sección de Oscilación	127
Tabla V.XIII Resultados Obtenidos de la Medición Sección RF	129
Tabla V.XIX Tiempo de Respuesta del Jammer	130

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 GENERALIDADES

En términos de Telecomunicaciones, una onda electromagnética tiene como objetivo, permitir la comunicación entre dos puntos distintos. Sin embargo, cuando se habla 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 de origen, precisa la naturaleza de la Guerra Electrónica.

La Guerra Electrónica tiene sus orígenes en la segunda guerra mundial. Comenzando todo con la invención del radar ya que en años anteriores para los militares esto era primordial y esencial. Con el pasar del tiempo este dispositivo fue mejorando e implementado en cazas nocturnas, navegación, bomberos, detección de submarinos y en varias áreas relacionadas al campo.

Hoy en día, debido a que el empleo de las tecnologías inalámbricas ha ido evolucionando de una manera notable y rápida, el acceso a dichas tecnologías se ha vuelto más fácil emplear estas tecnologías de manera incorrecta haciendo uso

Para diferentes atracos o robos en nuestro país. Por tanto, en respuesta a este mal uso de la tecnología, el interés por bloquear algunos sectores públicos ha crecido notablemente como por ejemplo: Hospitales, Centros de Rehabilitación, Bancos, etc. Es decir la guerra Electrónica dejó de ser únicamente militar.

Uno de los principales dispositivos utilizados en el Ecuador hoy en día son los Teléfonos Celulares o Teléfonos móviles, cada vez uno mejor que otro y con increíbles aplicaciones. Es por eso que cientos de personas hacen mal uso de esta tecnología. Es por eso que surgió la necesidad de desarrollar dispositivos capaces de limitar el uso en determinadas áreas o bajo ciertas condiciones, Bajo la normativa que establece la SUPERTEL y CONATEL. A estos dispositivos capaces de limitar el uso de celulares se les ha dado el nombre de BLOQUEADORES DE SEÑAL CELULAR o JAMMERS.

El Bloqueador de señal celular (Jammers), son equipos diseñados para bloquear la operación de teléfonos celulares mediante la emisión de una señal que interrumpe el proceso de comunicación entre el móvil y la estación base.

1.2 ANTECEDENTES

Durante los últimos años y conforme el empleo de las tecnologías inalámbricas ha ido en aumento, el interés por bloquear ciertos dispositivos en ciertos espacios ha crecido también. Es por eso que el uso de “Inhibidor de señal Celular” y de técnicas de bloqueo e interferencia de señales en la banda de RF ha captado la atención de distintos sectores. Estos dispositivos ya no son nada nuevos en nuestro país. Para fines militares durante la segunda Guerra Mundial fueron creados los Jammer (Inhibidores de Señal), para dichos propósitos y con otros fines.

Tomando en cuenta que algunos países como Japón e Israel donde los bloqueadores son completamente legales en la mayoría de países aún siguen siendo ilegales y su venta se encuentra restringida como en el caso de México y Ecuador aún no son completamente legales pero ya la nueva normativa señala que se deben instalar inhibidores de comunicación en áreas establecidas por el estado Ecuatoriano que permitan bloquear la comunicación a través de celulares, sería indispensable utilizar en los cajeros automáticos ya que la mayor de población del Ecuador , todo el mundo y con la tecnología va cada día creciendo

las personas hacen uso de este aparato electrónico. Por lo que debido a la falta de dispositivos inhibidores los organismos regulatorios como establece la ley SUPERTEL y CONATEL respectivamente exigen a los representantes legales de Bancos, cooperativas de ahorro y crédito, e instituciones financieras que realizan interfaz con el público para remitir el cumplimiento de la disposición que se debe tener implementado, como: inhibidores de comunicación en sus establecimientos ya q sería de gran ayuda en el medio.

“Señal Celular” este término no posee una traducción enfocada que en el medio ya que se la conoce como jamming o jammer que englobe todo el concepto. En su más puro significado, para las pérdidas de señal, sin embargo lo que se propone es que no llegue la información al receptor en el momento preciso, al realizar esto tarda en llegar la información y toda distorsionada. Esto se debe a que la información no puede ser totalmente culminada o recibe después dicha información mediante un mensaje de texto.

La Interferencia y la injerencia originalmente, son términos que se utilizan indistintamente, pero hoy en día la mayoría de usuarios de radio utilizan el término “Jamming” para describir el uso de ruido de radio o señales en un intento de interrumpir las comunicaciones (o evitar escuchar emisiones) mientras que el término "injerencia" se utiliza para describir no intencional las formas de interrupción (que son mucho más comunes) [6].

En trabajos anteriores realizados sobresalen los desarrollos de dispositivos bloqueadores de teléfonos celulares basados en sistemas GSM, CDMA ambos casos son enfocados hacia dispositivos de segunda generación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día el uso del teléfono móvil es considerable útil en todos los sectores y lugares así como existen sitios donde su uso es restringido; ya sea por seguridad y alto riesgo de peligrosidad como son: Centros Penitenciarios, Organismos de Estado, o por sectores públicos y privados que requieren un respeto necesario por

la situación como: Hospitales, Salas de reunión, Bibliotecas, Iglesias, Museos, Escuelas, etc.

Pretendemos acatar las disposiciones que exige los entes regulatorios del país para la instalación de equipos inhibidores de señal celular en agencias del Sistema Financiero Nacional y en los centros de Rehabilitación Social siendo estos los más prestos a la delincuencia en los centro financieros y en los centros de rehabilitación a las fugas de los reclusos.

Por este motivo el presente proyecto hace necesidad el cumplimiento de dicha normativa mediante el estudio e implementación de inhibidores de señal aplicando distintas tecnologías modernas, Con el fin de realizar el desarrollo de un dispositivo capaz eliminar la frecuencia celular para una pequeña área, debemos tomar en cuenta que hoy en día la SUPERTEL prohíbe la invasión de una frecuencia ajena y por tal motivo el diseño solo se ajustará a una pequeña área de cobertura y la eliminación de la frecuencia celular de una sola operadora o de distintas, ya que este organismo está dando fiel cumplimiento a lo establecido en la ley.

Como ingenieros Electrónicos en Telecomunicaciones esta problemática acerca del mal uso de tecnologías de comunicaciones por celular nos involucra directamente ya que como conocedores del tema y tecnología disponemos de las herramientas necesarias para poder desarrollar e implementar las contramedidas necesarias para encontrar solución a dicho problema o disminuirlo.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Diseñar e Implementar un dispositivo inhibidor para la señal del servicio móvil avanzado (SMA) para un salón de clase de la EIE-TR.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analizar los aspectos regulatorios con referencia a los dispositivos inhibidores de señal móvil.
- ❖ Definir los mecanismos necesarios para atenuar una zona de cobertura requerida por el dispositivo inhibidor de señal móvil avanzado (SMA).
- ❖ Diseñar técnicas para implementar un inhibidor que sea transportable, discreto y regulable
- ❖ Determinar si la potencia con que trasmite el equipo receptor es mayor o menor que aquella que emplea el transmisor original del sistema.

1.5. HIPÓTESIS

El diseño e implementación de un dispositivo inhibidor, es capaz de bloquear e interferir la señal del servicio móvil avanzado (SMA) para una pequeña área establecida en un salón de clase de la EIE-TR.

1.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Tipo de investigación científica descriptiva, no experimental, de Laboratorio y transversal abordado en el siguiente protocolo de investigación:

1.6.1 Observación.-

Reconocimiento minucioso del objeto de estudio.

1.6.2. Planteamiento del problema.-

Interrogante a resolver.

1.6.3. Formulación de hipótesis.-

Se supone una respuesta que será afirmada o no por experimentación.

1.6.4. Experimentación.-

Procedimientos experimentales q se los resolverá a través de la teoría que se detalla a continuación.

1.6.5. Análisis e interpretación de resultados.-

Después de seguir el diseño experimental, se obtienen resultados los cuales se anotan en gráficas y tablas para su fácil análisis y comprensión.

1.6.6. Comprobación de la hipótesis.-

Analizamos los datos para dar una explicación del comportamiento de los fenómenos que se observan, además de confrontarse la hipótesis con dicho comportamiento y así concluirse si la hipótesis es satisfactoria o se requiere formular una nueva para resolver dicho problema.

1.6.7. Conclusiones.-

Se concluye finalmente, aprobando la hipótesis formulada y dando un resumen final de lo obtenido.

El ciclo de vida adoptado para la ejecución del Proyecto de Tesis es:

- ❖ Recopilación de la información
- ❖ Clasificación de la información
- ❖ Formulación de la hipótesis
- ❖ Comprobación Descriptiva
- ❖ Evaluación de Resultados
- ❖ Conclusiones

1.6.8. TÉCNICAS

Las técnicas a utilizar en la elaboración de este proyecto investigativo, son las siguientes:

- ❖ Observación

- ❖ Jamming inteligente
- ❖ Look-Through
- ❖ Potencia compartida

1.7 PLAN GENERAL DE TRABAJO

Este proyecto está desarrollado en 6 capítulos, que cada uno de ellos se divide en aspectos netamente del proyecto en los cuales se tratan todo lo encontrado como base, desde una mirada rápida a los conceptos básicos de telefonía, hasta las especificaciones técnicas de cada uno de los dispositivos que se van a ser tomados en cuenta al momento de su elaboración.

A continuación detallaremos en pocas palabras lo que contendrá cada capítulo del proyecto propuesto:

- ❖ Capítulo 1, hacemos referencia a una pequeña introducción, justificación, objetivos, hipótesis del tema planteado metodologías a utilizar.
- ❖ Capítulo 2, Presentamos una breve historia de cómo es creado este dispositivo y con qué fin, el marco teórico referente al jammer, es decir sus acciones y elementos principales.
- ❖ Capítulo 3, presentamos una descripción de jammer, sus estrategias, técnicas de eficiencia y tipos de jammer, indicando su funcionamiento y comparación entre ellas y seleccionando la técnica que se va utilizar en el dispositivo para su elaboración.
- ❖ Capítulo 4, muestra el análisis comparativo para el diseño del jammer, un diagrama en bloques del circuito a implementar y el funcionamiento de cada bloque con su respectiva justificación por la elección de cada dispositivo y proceso de elaboración de dicho equipo.

- ❖ Capítulo 5, muestra las pruebas realizadas del dispositivo diseñado así como también los ajustes necesarios que debieron efectuarse para su correcto funcionamiento y pruebas establecidas en el equipo..
- ❖ Capítulo 6, como parte de finalización tenemos las conclusiones y recomendaciones que han sido producto del presente trabajo.

Después de estos capítulo y contenidos podemos a consideración de un summary, anexos, donde se muestra información técnica relevante de los circuitos electrónicos utilizados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA MÓVIL

A partir de la Segunda Guerra Mundial, la telefonía móvil inicia su lanzamiento al mercado, por tal motivo fue necesaria e indispensable la comunicación desde un punto a otro, de tal forma de comunicarse entre sí. Es así que Motorola Handie Talkie fue la primera compañía en hacer el lanzamiento oficial de un equipo de comunicación, ya que este equipo antes mencionado permitía a las tropas comunicarse entre ellos vía ondas de radio a una frecuencia 600KHz que en esa época eran las máximas y únicas frecuencias que existía. [1]

Con el pasar de los años la telefonía móvil toma un repunte, es así que desde el año 1947, se empieza a desarrollar ideas que permitan el uso de teléfonos móviles usando “células o canales” las mismas que sean capaces de identificar, localizar un determinado usuario en cualquier punto desde donde se va realizar o generar la llamada, en esos años como se mencionó anteriormente la tecnología era limitada por lo que obligo a los científicos a postergar la implementación de dichas ideas y proyectos que tenían para su desarrollo [1]

Sin embargo, los científicos con las características comenzaron a perfeccionar y amoldar con un nuevo sistema revolucionario que les permitía comunicarse a

distancias largas y sin interferencia. Cuando se inició la investigación por los años 1980, se logró crear un equipos similar al Handie Talkie, pero estos equipos solo los eran utilizados o destinados a grandes empresarios que en ese entonces eran los dueños de la tecnología, por motivos de costos de los equipos y estos debían estar comunicados en donde se encontraban, de tal manera en ese entonces se crea el mito de la tecnología, específicamente el teléfono móvil, de tal forma satisfacer la necesidad de las personas de comunicarse sin importar la hora ni el lugar donde se encontraban, tomando en cuenta que en la distancia que tenían estos equipos hubo dicha interferencia como es el medio ambiente y muchos factores más que eran difíciles de controlar.

Una vez lanzado al mercado internacional este dispositivo, dos años después fue presentado por primera vez en los Estados Unidos la telefonía móvil en una versión analógica, formada por una estación base de alta potencia y un receptor, tomando en cuenta ya muchos factores de riesgo ya que no se podía tener interferencia por varios motivos como la naturaleza, los cuales se coloraron en lo alto de montañas y torres, para que este servicio tome a su alrededor 30 millas, funcionando como una comunicación half-duplex, donde se hizo conocer el primer estándar de telefonía móvil, y esta a su vez como MTS (Mobile Telephone System) de su país de origen donde se realizó la investigación y el lanzamiento de esta nueva Tecnología.

A principio de los 50 se logró una comunicación full-dúplex disminuyendo el número de canales que eran destinados para dicha operación de 120 Khz. a 60 Khz en telefonía móvil, los sistemas de telefonía móvil operaban sólo en el modo manual ya que en ese entonces se realizaban pruebas de mejoramiento, lo negativo de esta tecnología e dispositivo era que un operador del teléfono móvil manejaba cada llamada desde y hacia cada unidad móvil que se la requería [2].

En el año de 1971, la demanda creciente en el espectro de frecuencia de la telefonía móvil provocó la saturación, obligando a investigar un modo de como proporcionar una eficiencia del espectro electromagnético de mayor frecuencia para el servicio requerido. A partir de esa inquietud, la empresa AT&T hizo una

propuesta sobre la posibilidad de proporcionar respuesta a lo anterior, comenzando a delinear conceptos básicos, el principio de la radio celular y otros aspectos importantes de su mejoramiento. Mientras tanto la primera red pública exitosa fue en Finlandia en el mismo año, de telefonía móvil celular, a la cual se la denominó como: red ARP (Address Resolution Protocol). Dicha red es vista como la Generación 0 (0G), la primera de tantas que en el futuro las desarrollaron, apenas por encima de redes propietarias y redes de cobertura local para su requerimiento [1].

2.1.1 Primera Generación 1G

La primera generación en sus años correspondió a la telefonía analógica la primera tecnología que apareció en el mercado, en la primera generación se utilizaba dos técnicas principales que eran acceso al medio o conocidas como:

- ❖ FDMA (Frequency Division Multiple Access).
- ❖ FDD (Frequency Division Duplex).

Empleando el concepto de sistema celular, estos medios son una técnica de acceso múltiple por división de frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer una comunicación que sería entre transmisor/receptor de la operadora a funcionar en esos años [3].

El pionero más reconocido a nivel mundial fue Estados Unidos en cuanto a telefonía móvil, por la red full-dúplex que crearon en esas épocas, pero en 1978 se desarrolló la primera red celular en Bahrein que estaba constituida por un total de 250 usuarios a nivel de la red que se comunicaban en la banda de 400Mhz siendo una cifra muy importante que se la creó. Cuando esta red empezó a funcionar, la empresa estadounidense AT&T tuvo claro su objetivo, por tal motivo los científicos realizaron un estudio de esta tecnología para poder mejorarla en el mismo año, y en un tiempo record. Pero no lo pudieron realizar, de tal manera transcurrió un año y sacaron al mercado un estándar de la telefonía móvil, AMPS (Advanced Phone Mobile System) la cual fue exitosa para la red celular [3].

En los años 70 AMPS, realizo su propio principio y no alcanzó su éxito comercial hasta 1983 debido a regulaciones inadecuadas y pólizas industriales que necesitaban realizar. A principios de los años 80 fueron creados otros estándares, AMPS con el pasar de los años quedo fuera de servicio e obsoleto por fracaso. Esto se debió a que en el año de 1971 no contaban con la tecnología de los switch digitales, ya que todo era analógico, al momento de crear el estándar AMPS no tomaron varios detalles como: un sistema de red compleja de arquitectura, para la cual toda la inteligencia fue centralizada. En cambio los microprocesadores no tenían ningún avance ni propiedades en común. Lo cual esto lo llevo al fracaso a la empresa AMPS sin tener éxito en el mercado [3].

Motorola desarrolla una variable llamada NAMPS (Narrowbandamps), a principios de los años 90. Reduciendo el espacio del canal lo que, incrementa la eficiencia en frecuencia en una factor 3. Con la finalidad de que este estándar sea compatible con AMPS, para hacer posible que se siga usando las redes existentes y la infraestructura instalada. Incremento la reducción de canales y el precio de los terminales por lo que el uso de los NAMPS fue limitado. Tuvo que pasar 6 años para que el uso de estas redes tuvieran éxito quedándose con un millón de subscriptores, tras el año 1996, tomando en cuenta que la mayoría de las redes son combinadas AMPS/NAMPS ya que solo una pequeña proporción de los canales fueron en realidad convertidos a NAMPS por la necesidad de cambiar [3]. Los servicios que proporcionan los sistemas de primera generación son:

- ❖ Transmisión de voz analógica.
- ❖ Transmisión de datos, equipando al teléfono móvil con un módem adecuado.
- ❖ Servicios suplementarios telefónicos, tales como: contestador automático, llamada en espera, asistencia de operadora, información de tarificación, etc.

2.1.2 Segunda generación 2G

El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Ya que en la 2G se caracteriza por ser ya digital y no analógica como la anterior. Donde las tecnologías que predominaban en el mercado eran:

- ❖ TDMA (Time Division Multiple Access).
- ❖ GSM (Global System for Mobile Communications),
- ❖ IS-136 conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136, CDMA (Code Division Multiple Access).
- ❖ PDC (Personal Digital Communications), donde éste último fue utilizado en por la potencia mundial Japón.

En esta generación se crearon protocolos que soporten velocidades de información altas exclusivamente para voz, pero limitados en comunicaciones de datos. Con los que se pudieron ofrecer servicios de datos nuevos y novedosos en ese año como lo eran:

- ❖ fax
- ❖ SMS (Short Message Service).

En los Estados Unidos y el resto del mundo a la 2G se dio conocer como PCS (Personal Communications Services). Ya que los protocolos de dicha tecnología ofrecieron diferentes niveles de encriptación.

2.1.2.1 Generación 2.5G

Con el avance de la tecnología y de la manera que iban creciendo cada una de ellas cada vez más pronto, muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (carriers) a nivel mundial, pasaron primero por las redes 2.5G antes de llegar a la 3G, tomando en cuenta que la tecnología 2.5G, era económica y mucho más rápida, ya que esta tardaba horas y horas para su debida actualización.

Una de las características principales de la tecnología 2.5G, que ofrecía es como se muestra en el siguiente listado a mejoras de lo que estaba ofertando la tecnología 2G para su mejor funcionamiento.

- ❖ GPRS sistema general de paquete de radio (General Packet Radio System).
- ❖ HSCSD Circuito de alta velocidad de datos Switched (High Speed Circuit Switched Data).
- ❖ EDGE Tarifas mejoradas para la evolución (Enhanced Data Rates for Global Evolution).
- ❖ Características Extendidas Como: IS-136B, IS-95B.

Y muchas más. Mientras tanto en el 2001 Las comunicaciones de Estados Unidos y Europa se unieron a 2.5G que en ese entonces fue la tecnología que primordiana en el mercado. Sin embargo Japón una de las potencias a nivel mundial en tecnología no tuvo la necesidad de ir a la 2.5G y realizo un salto gigante de Tecnología 2G a 3G, en el mismo año que los países antes mencionados. Tenía bien claro el asunto de la mejor tecnología a utilizar para estos equipos [4].

Por lo general las tecnologías de 2G y 2.5G, operan de acuerdo a las siguientes especificaciones como se muestra en la tabla II.1

Tabla II.1 Bandas de Frecuencias de los Sistemas de 2G y 2.5G¹

ESTANDAR	BANDAS DE FRECUENCIAS (MHZ)	VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN (kbps)
GPRS / EDGE	800 / 900 / 1800 / 1900	115-384
IS-95B / IS-95C	800 / 1900	115-144

Como beneficios de la tecnología 2.5G, que esta a su vez nos proporciona de una manera eficiente es:

¹ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3220/1/T-ESPEL-0639.pdf>

- ❖ Velocidades mayores al momento de realizar su transmisión.
- ❖ Al estar con esta tecnología tenemos la posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz.
- ❖ No necesita establecer una llamada, cuando hay conectividad IP directa.
- ❖ Conexión permanente ("always-on")
- ❖ El modelo GSM, nos facilita la utilización más eficiente de los recursos de red al basarse en canales compartidos por varios usuarios y no dedicados.
- ❖ Modo de transmisión asimétrico,
- ❖ GPRS tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que la de subida.

2.1.3 Tercera generación 3G

La tecnología 3G son aquellas que nos permiten tener videoconferencia, una conexión a internet de banda ancha, ver tv en vivo entre otras funciones tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información enfocados para aplicaciones multimedia.

Las velocidades que llegaron alcanzar los sistemas 3G son hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanzando una velocidad máxima de 2 Mbps que nos permitió.

Esta tercera generación está representada principalmente por dos estándares, UMTS (Universal Mobile Telephone Service), a nivel europeo e IMT-2000 (International Mobile Telephone) a nivel estadounidense.

UMTS evoluciona para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales, proporcionando mayor capacidad y altas velocidades de transmisión de datos.

Entre las principales características del sistema UMTS, se tienen:

- ❖ Velocidades máximas teóricas de 2 Mbps.
- ❖ Para la facturación existen tres categorías dependiendo del tipo de información que se transmita que puede ser: voz, datos o información en tiempo real, las mismas que dependerán de los requerimientos de los servicios de la red UMTS.
- ❖ En estos sistemas el ancho de banda disponible para las transmisiones variará de acuerdo al tipo de comunicación móvil utilizado.

El estándar IMT2000 es el nuevo sistema de comunicaciones telefónicas móviles de tercera generación y se caracteriza por suministrar el acceso inalámbrico a la infraestructura global de telecomunicaciones, mediante sistemas terrestres y satelitales, atendiendo usuarios fijos y móviles de las redes públicas y privadas. Otra de las características de IMT-2000 es la alta calidad en las comunicaciones, terminales pequeños con capacidad de ser usados en todo el mundo a través del roaming internacional, capacidad de ofrecer servicios multimedia a los usuarios móviles y terminales que los soporten. [5]

Los sistemas de tercera generación presentan los siguientes servicios:

- ❖ Aplicaciones de audio/video en tiempo real, tales como: videoteléfono, videoconferencias interactivas, audio y música; y aplicaciones comerciales multimedia especializadas, inclusive telemedicina y supervisión remota de seguridad.
- ❖ Provisión de capacidad que permita nuevos servicios de voz y datos más avanzados que las tecnologías pre-IMT-2000 (celulares y PCS actuales).
- ❖ Disponibilidad para los usuarios móviles de una gama de servicios vocales y no vocales, entre ellos datos por paquetes y servicios multimedios.
- ❖ Servicios basados en la movilidad, como búsqueda de establecimientos o recepción de anuncios de acuerdo a la localización del usuario.
- ❖ Comercio electrónico, compras en línea desde el teléfono.
- ❖ Roaming internacional, portabilidad de servicios, tarificación de acuerdo a la zona de uso del móvil, acceso a directorios, etc.

2.1.4 Cuarta generación 4G

Los sistemas de cuarta generación, en esencia son redes inalámbricas ultra rápidas, la cual deberá explorar nuevas bandas de frecuencias en torno a 5 GHz y desarrollar nuevas técnicas de procesamiento de señal para aprovechar más eficientemente el espectro radioeléctrico. Es un sistema capaz de aprovechar todo tipo de tecnologías diferentes como:

- ❖ El protocolo IP, como la parte de transporte de la Red Universal Multimedia (probablemente en esta red no se usen más números de abonado, sino direcciones de red).
- ❖ La tecnología de antenas adaptivas e inteligentes (que permiten reutilizar más densamente las frecuencias en una red celular).
- ❖ La tecnología de modulación/ transmisión inalámbrica de multicanalización en frecuencias con portadoras ortogonales OFDM46 (para lograr un eficiencia espectral óptima).
- ❖ La tecnología de radio programable, la cual permite que un terminal pueda hacer hand off, desde una celda perteneciente a un tipo de red móvil, hacia otra celda perteneciente a otro tipo de red con tecnología inalámbrica diferente.

Los terminales 4G podrán transmitir datos a 20 Mbps, 2000 veces la velocidad de descarga de los terminales actuales y 10 veces superior a los terminales 3G. Para lograr esto se requiere manejar anchos de banda de al menos 20 MHz por canal, por lo que la tecnología se considera de banda ancha.

Puesto que la potencia necesaria para el transmisor es directamente proporcional al ancho de banda de la señal, el área de cobertura de una estación base para

una red de cuarta generación es diámetro reducido, por lo que las estaciones base no serían de gran tamaño [6].

2.2 Acceso Múltiple

El acceso múltiple es una técnica por la cual se organizan o distribuyen de manera eficiente. Los recursos de comunicación, como el tiempo y el ancho de banda asignados para cada usuario. Esta distribución se realiza para transmitir información de manera correcta y eficaz: logrando así, que ninguna asignación de tiempo o frecuencia, se desperdicie: de tal manera que los recursos pueden compartir de manera equitativa.

2.2.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

Como su nombre lo dice esta técnica de acceso se basa donde cada canal ocupa un ancho de banda de la frecuencia total, entre varios canales de la división del ancho de banda, adoptado bandas de guarda que funcionan como zonas de separación para reducir la interferencia entre canales vecinos [1,2]

Esta forma de uso simultaneo del transpondedor por varias estaciones terrenas, estén o no estén situadas en la misma ciudad, recibe el nombre de **acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA**, ya que el espectro radioeléctrico del transpondedor se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas.

Para la configuración del FDMA debemos tomar en cuenta que es rígida e invariable, tomando en cuenta que cada estación transmitirá con la misma frecuencia central, portadora o viceversa, se le asigna un ancho de banda que deberá ser activo durante el mayor tiempo posible para ser válida esta operación, para también, de esta forma llamarla como acceso múltiple con división de frecuencia con asignación fija. Es claro que su utilización radica principalmente en sistemas comerciales de alta capacidad.

Esta técnica es de tipo analógico y fue utilizada como acceso al medio para telefonía celular de primera generación tales como AMPS (advanced mobile Phone System).

FDMA tiene como principales características:

- ❖ Tecnología experimentada y fácil de implementar.
- ❖ Gestión de recursos rígida y poco apta para flujos de tránsito variable.
- ❖ Requiere duplexor de antena para transmisión dúplex.
- ❖ Se asignan canales individuales a cada usuario.
- ❖ Los canales son asignados de acuerdo a la demanda.
- ❖ Normalmente FDMA se combina con multiplexing FDD
- ❖ No es apropiado para el manejo de información digital [3]

Frecuencia

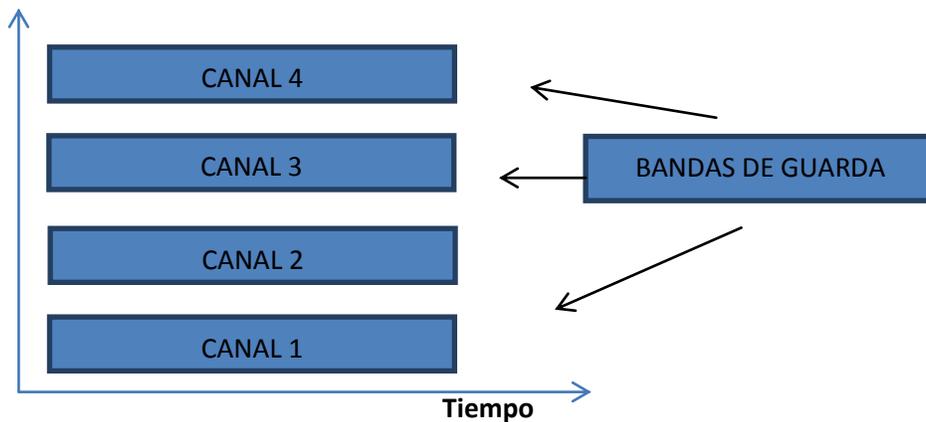


Figura II.1 Acceso múltiple por división de frecuencia ²

²Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3220/1/T-ESPEL-0639.pdf>

2.2.2 Acceso Múltiple por División de tiempo (TDMA)

En esta técnica se realiza la división por espacios periódicos o ranuras de tiempo (llamados tiempos de slot) de todo el ancho de banda asignado a un canal de transmisión. Las distintas ranuras de tiempo están repartidas por igual sobre todo el canal, además, como forma de protección, se tiene ligado a cada ranura de tiempo un espacio de guarda para evitar el traslape entre canales. [1,2]

Mediante el uso de TDMA se divide un único canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo (seis en D-AMPS y PCS, ocho en GSM). A cada persona que hace una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí.

En TDMA múltiples usuarios van a realizar una transmisión utilizando la misma portadora pero esta portadora va hacer “prestada” entre diferentes usuarios durante intervalos específicos de tiempo, es decir el tiempo es dividido en intervalos de igual duración denominados time slots, y cada uno de ellos a su vez es dividido en N partes.

En TDMA es necesario considerar guarda tiempos para evitar traslape de información el mayor inconveniente de TDMA que es necesaria la sincronización de todos los usuarios para evitar interferencias, siendo por eso su implementación más compleja. [7]

Características de TDMA

- ❖ Se utiliza con modulaciones digitales.
- ❖ Tecnología simple y muy probada e implementada.
- ❖ Adecuada para la conmutación de paquetes.
- ❖ Requiere una sincronización estricta entre emisor y receptor.
- ❖ Requiere el Time advance.



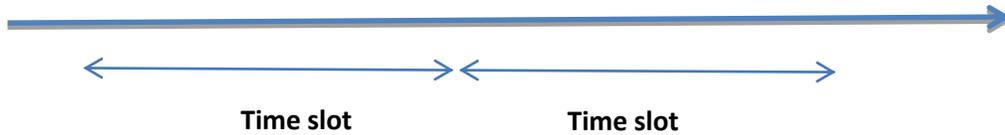


Figura II.2 Acceso múltiple por división de Tiempo³

2.2.3 Code División Multiple Access (CDMA)

El sistema CDMA nos permite transmisión de telefonía y datos. Una ventaja de CDMA radica en la posibilidad de reutilización de frecuencias entre celdas y sectores contiguos con el correspondiente incremento de la eficiencia espectral.

Cada sector del área de cobertura analizada dispondrá de varias portadoras como son:

- ❖ FDMA (cerca de 10); portadoras.
- ❖ CDMA (cerca de 40); canales.

CDMA es una técnica que no lleva a cabo su acceso múltiple mediante su división de las mismas transmisiones de los diferentes usuarios en frecuencia y tiempo, en lugar de eso hace una división asignando a cada usuario un código diferente de esta manera es posible que múltiples usuarios puedan transmitir de una manera simultánea sobre el mismo canal.

En este tipo de comunicación digital cada usuario tiene un código pseudoaleatorio el cual es usado para transformar la señal de un usuario en una señal de banda ancha mediante la técnica de Spread Spectrum (Espectro Extendido). Si el receptor recibe múltiples señales de banda ancha se usará el código asignado a un usuario en particular para transformar la señal de banda ancha recibida de ese usuario y recuperar la información original. Durante este proceso de recuperación de información, la potencia de la señal deseada es

³ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

comprimida dentro del ancho de la banda original, mientras las otras señales de banda del resto de los usuarios aparesen como ruido ante la señal deseda. [10]

Una ventaja al ser usado CDMA es una calidad de usuarios que pueden ser a comodados si cada uno trasmite su mensaje durate un corto periodo de tiempo. En CDMA multiples usuarios pueden transmitir al mismo tiempo y con una misma portada distinguiendo un usuario de otro utilizando un codigo para cada uno de ellos en la figura 2.5 se representan cinco traslapados , sin embargo un CDMA se logra separar y recuperar la informacion de cada uno sin afectar a los demas usuarios, esto conociendo el codigo que le corresponde a cada uno de ellos tanto trasmitor como receptor.

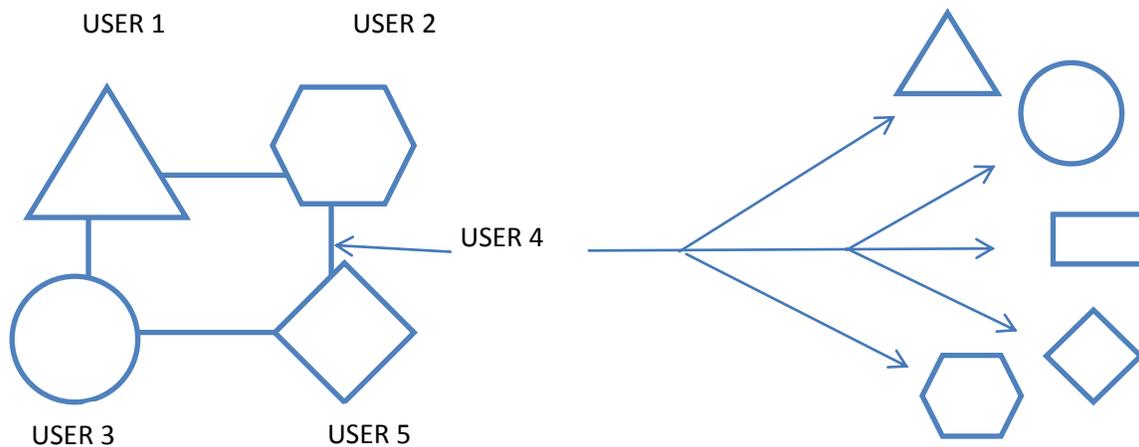


Figura II.3 Acceso Múltiple por División de Códigos (CDMA)⁴

De tal manera una señal deseada se puede recuperar sin ningun problema si contamos con el codigo. Son llamados ortogonales si las funciones de codigos pseudoaleatorio tienen una correlacion de cero.

Uso de CDMA y algunas ventajas

⁴ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

- ❖ **Mayor capacidad.** Referente a la capacidad la tecnología CDMA permite que la gran mayoría de usuarios compartan la misma frecuencia de radio con la misma tecnología de espectro encendido .
- ❖ **Seguridad y privacidad.** Es muy difícil capturar y descifrar una señal
- ❖ **Control de nivel de una potencia.** Mediante un proceso de señal y corrección de errores de la tecnología CDMA.
- ❖ **Mayor cobertura.** Es posible proveer una cobertura mayor usando sistemas CDMA por su tecnología, ya que esta tiene un mayor control en el nivel de potencia.
- ❖ **Reducción del ruido e interferencia.** Con el uso de CDMA de los códigos pseudoaleatorios, tomamos en cuenta que es posible aumentar la potencia, de las señales sin que estas se interfieran en ningun sentido o causar algun daño.

2.3. Concepto de Spread Spectrum ext (Espectro Extendido)

El espectro extendido desarrolla sistemas de comunicación digital, sin embargo se debe tratar de emplear el ancho de banda del canal de comunicación disponible de forma óptima, con la menor potencia para proveer servicios de comunicación con calidad y no tener interferencias en el futuro, para esto tomamos en cuenta la interferencia la inmunidad y confidencialidad en las comunicaciones, de tal manera los aspectos atacados mediante la técnica conocida como Spread Spectrum Modulation (modulación de espectro extendido), ya que esta nos permite poder llevar a cabo accesos múltiples por división de códigos.

Una de las mayores ventajas de esta modulación es de alta inmunidad que se obtiene a interferencias intencionales por parte de alguna persona que desee bloquear o interferir una comunicación en línea o en tiempo real. Requerimos de un ancho de banda ancho en relación a la información en banda base, debemos tomar en cuenta que sea la misma señal que Spread Spectrum.

Para distribuir la potencia de la señal en un ancho de banda superior a la información enviada. Al momento de ser enviada la información se genera un

codigo pseudoaleatoria con velocidad mayor. De tal forma obtenemos la señal con densidad de potencia que sera comparada con la del ruido.

A continuacion en la imagen II.4 se muestra el principio del espectro.

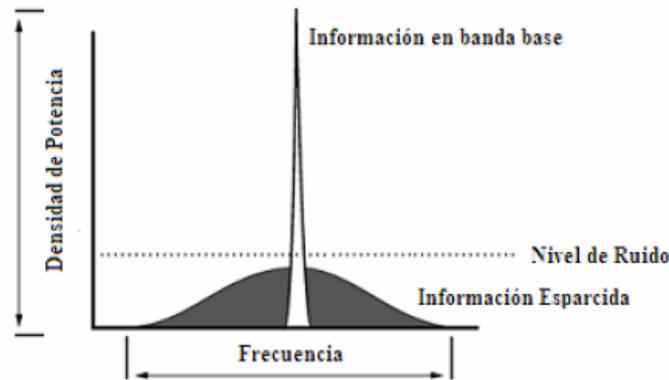


Figura II.4 Principio Espectro Extendido⁵

Para poner en practica la recuperacion de la informacion de una determinada señal Spread Spectrum el receptor debe contar con el codigo que fue asignado para cuando se le retire se pueda obtener informacion de la banda base. De tal manera cada usuario cuente con la señal local y poder ser replicada la señal de códigos de transmisión realizando la sincronía adecuada se lograra recuperar dicha información.

Como se muestra en la figura II.5 se puede decir que el diagrama de bloques de un sistema de comunicación Spread Spectrum. Muestra la información que debe ingresar al codificador del canal y la cual produce una señal analógica con un ancho de banda muy pequeño alrededor de la frecuencia central. Se le denomina secuencia de ensanchamiento o código de ensanchamiento, a la señal que esta modulada usando una secuencia de dígitos.

Esto es producido por un generador de pseudoruido o un generador pseudoaleatorio que cumplen con las mismas funciones, en efecto de esta

⁵ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

modulación se pretende incrementar significativamente el ancho de banda de la señal que se va poder transmitir.

Como podemos darnos cuenta en la figura II.5, en el receptor la misma secuencia de dígitos es usada para demodular la señal Spread Spectrum Finalmente. La señal pasa a un decodificador de cana para recobrar la información y así poder llegar a la señal requerida con su información correcta.

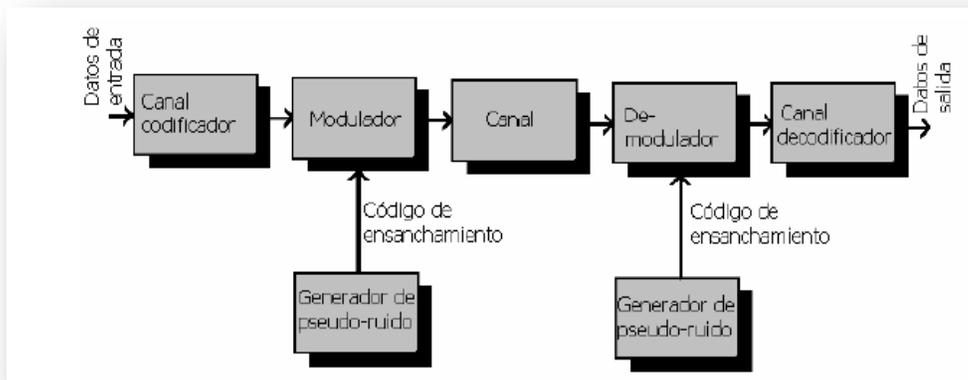


Figura II.5 Diagrama a bloques de un sistema de comunicación digital Spread Spectrum⁶

Todos los códigos utilizados para llevar a cabo el ensanchamiento deben de tener una correlación cruzada (cross- correlation), para recuperar la información sin dificultad esta debe ser baja, para lo cual es necesario utilizar el código ortogonal así poder evitar esta situación.

También es conocida en el medio como:

- ❖ CDMA también recibe el nombre de Spread Spectrum
- ❖ Múltiple Access (SSMA)
- ❖ Durect Sequence CDMA (DS- CDMA)

⁶ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

A continuación como se muestra en la fórmula 1.1 se debe tomar en cuenta un parámetro que es establecida para los sistemas Spread Spectrum. La ganancia (G_p) que es la razón en decibeles del ancho de banda de transmisión (BW_t)

$$G_p = 10 \log \frac{BW_t}{BW_t} \quad (1.1)$$

Como se verifica en la fórmula 1.1 el parámetro de ganancia se lo pone de acuerdo al número de usuarios que en un sistema pueden ser permitidos, tomando en cuenta que se debe considerar el total de la multitrayectoria y cuanto es la dificultad para la detección de señales. Para que sea utilizado Spread Spectrum debe ser la ganancia mayor para que la mayoría de usuarios utilicen esta técnica, siendo esta confiable y segura a la vez, esto ante la poca atención que se implica el resto de señales esparcidas a un canal. El proceso de ganancia se refleja en la pérdida de amplitud de una señal durante el ensanchamiento de la señal. Dependiendo de que tanto sea esparcida la información. Tomando en cuenta que el ensanchamiento de una señal es la misma antes y después, por lo que se recomienda poner en práctica dicho parámetro antes mencionado.

Para mejorar esta técnica ponemos a consideración algunas de las características de los sistemas de modulación.

2.3.1 Posibilidad de acceso múltiple

Múltiples usuarios transmiten al mismo tiempo una señal, el receptor distinguirá a los usuarios dentro de diferentes señales, cual es la señal que debe de recuperarse en base al código de la información. En cambio como se ve en la figura II.6 las señales extendidas de otros usuarios serán vistas como ruido, se observa también que dos señales de banda base son esparcidas al agregarle un código pseudoaleatorio a cada una de ellas. Como podemos observar en la figura II.6(b) de la parte superior, dos usuarios están transmitiendo sus señales al mismo tiempo. Cuando retiramos el código pseudoaleatorio se recupera la señal original como se muestra en la figura II.6 (b), sin embargo en la parte inferior de la figura antes mencionada la señal dos sigue esparcida con un nivel de potencia bajo, sin tener problemas para la recuperación de la señal uno.

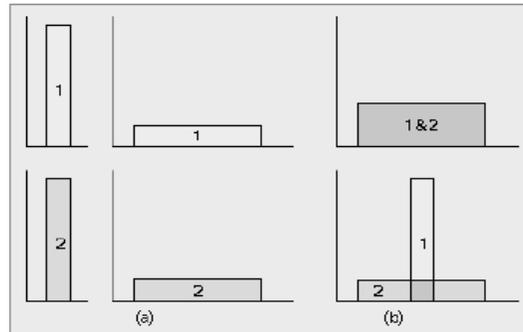


Figura II.6 Acceso Multiple en Spread Spectrum⁷

2.3.2 Baja posibilidad de ser interceptada

la recuperacion de la informacion se hace dificil, ante un ensanchamiento del espectro, por parte de un receptor distinto al que va dirigido, como podemos observar en la figura II.7 se genera una señal con una densidad de potencia muy baja.

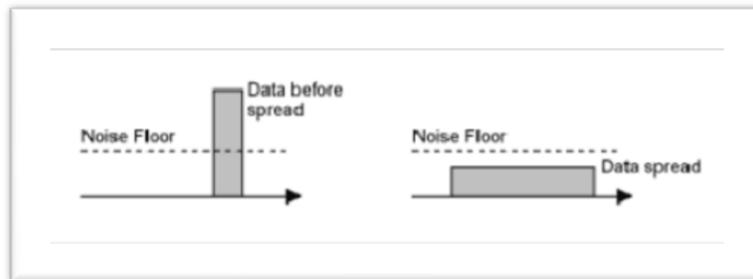


Figura II.7 Baja Probabilidad de interceptacion en una señal Spread Spectrum⁸

2.3.3 Alta inmunidad frente a interferencias

Es despreciada la interferencia de señales de banda ancha o angosta, si estas cuentan con el codigo de señal deseada como se muestra en la figura II.8

⁷ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

⁸ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

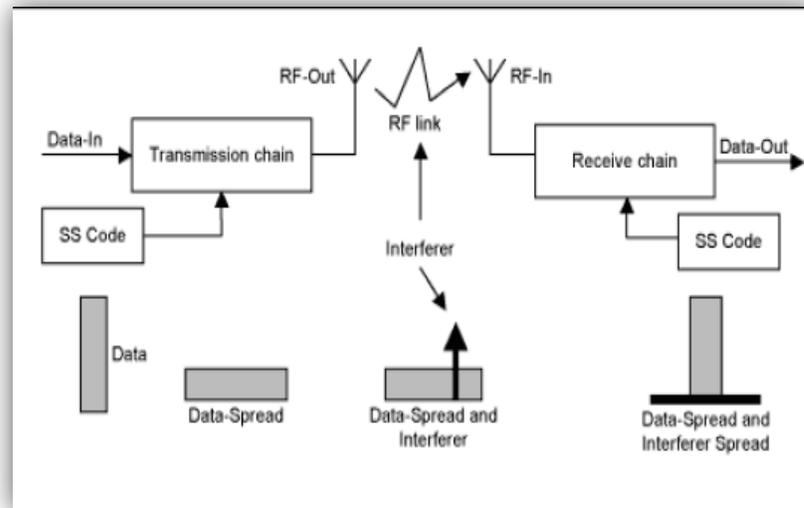


Figura II.8 Alta inmunidad ante Interferencias en Spread Spectrum⁹

2.4 Alta inmunidad frente a interferencias de señales multirrayecto

Cuando se transfiere señales RF debemos tomar en cuenta tres factores importantes que son: reflexión, refracción y difracción. Tomando en cuenta que las señales toman una ruta debido a los fenómenos antes mencionados. Las señales que tienen diferentes rutas son copias de una señal transmitida pero estas con amplitudes y fases distintas, como resultado la dispersión de la señal, tomando en cuenta que en el receptor (Rx) se espera que lleguen varias copias las mismas que se recuperara la fase y poder ser sumadas, así obtener una señal deseada y más fuerte.



Figura II.9 Alta inmunidad frente a interferencia de señales multirrayecto¹⁰

⁹ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

Al final la señal transmitida solo puede ser recuperada si se cuenta con el código correspondiente .

2.4.1 Tecnicas de Modulación Spread Spectrum

Las diferentes técnicas de modulación Spread Spectrum fueron creadas con fines militares para la comunicación ya que estas técnicas tienen sistemas de comunicación, podemos decir que las técnicas antes mencionadas tienen señales de interferencia, por su probabilidad de detección. Estos métodos son los siguientes como se detalla a continuación.

- ❖ DSSS(Espectro Extendido por Secuencia Directa)
- ❖ FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- ❖ THSS(Espectro Extendido por Salto de Tiempo)
- ❖ HSS (Espectro Extendido Híbrido)

Cada método tiene su funcionalidad y son aplicadas cada una de diferente manera a continuación daremos una explicación breve de cada una.

2.4.2 Frequency Hopping Spread Spectrum FHSS

El método de FHSS es transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada dwell time e inferior a 400 ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta forma cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo de la señal.

Con este método tomamos la señal de transmisión y la modulamos con una señal portadora que realiza saltos (conocido como hops) de frecuencia en frecuencia, dentro de un ancho de banda asignado en función del tiempo. Tomemos en cuenta que el cambio periódico de frecuencia de la portadora va reduciendo la interferencia producida por una señal de banda angosta, esto suele suceder si

¹⁰ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

ambas señales son transmitidas en el mismo instante de tiempo y la misma frecuencia.

Un generador pseudoaleatorio emite un patron de salto "Hopping code", el cual determina orden de uso y las frecuencias por las que son transmitidas. Para que el receptor pueda recibir la señal deseada debe tener el mismo patron, tomando en cuenta que debe estar en conexión con el emisor para conocer cada una de las frecuencias de la señal.

Al utilizar Frecuencia Hopping existe que varios usuarios empleen la misma banda de frecuencia sin interferir, asumiendo que cada señal emplee un patron de salto de frecuencia diferente. Se dice que son ortogonales cuando dos patrones de saltos nunca emplean en la misma frecuencia.

Como se muestra en la figura II.10 una señal Hopping Frequency, una característica de una señal Hopping Frequency es su ancho de banda que es dividido en 8 canales, cada canal antes mencionado tiene su respectiva portadora. Facilitandonos que cada canal nos indica el orden para transmitir su portadora. Ponemos un ejemplo:

f_1 va a ser la quinta en utilizarse para transmitir informacion.

f_2 sera la octava ya asi sucesivamente.

Como podemos observar en la figura II.10, se observa que la transformacion de informacion en Frequency Hopping se efectua en pequeños fragmentos a la señal original..

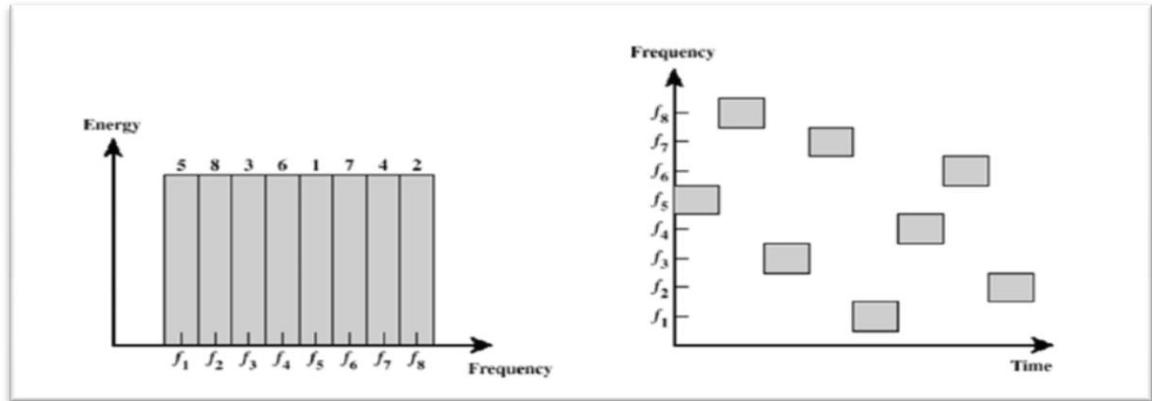


Figura II.10 Principio Frequency Hopping¹¹

Hay dos tipos de Frequency Hopping y son:

- ❖ FAST Frequency Hopping
- ❖ Slow Frequency Hopping

De estos dos tipos de frecuencia depende la tasa de transferencia de la información, así mismo la velocidad de cada saltos que se ejecuten en Frequency Hopping.

Para una modulación con códigos de dispersión, se puede decir, se basa en tomar la señal portadora, el cual hace que la señal de información salte de un rango de frecuencia a otro. Durante un tiempo establecido (T_h), la señal portadora permanecerá en un tiempo específico, cuando llegare a pasar tiempo de ese intervalo la señal portadora hará un salto de frecuencia a otra frecuencia portadora como se muestra en la figura II.11, los rangos de frecuencia son llamados hop-set y los códigos de dispersión que son usados para el cambio son los hopping code[4].

A continuación detallaremos una señal de espectro disperso por salto de frecuencias, por ecuaciones matemáticas (1.1), cuando dos o más señales ocupen el mismo hop-set esta dado por la ecuación (1.2), donde:

¹¹ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

$$c(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi (f_0 + if_1)t \quad \text{con } iTc \leq t \leq (i+1)Tc \quad (1.1)$$

$$P_h = 1 - \left(1 - \frac{1}{M}\right)^{K-1} \quad (1.2)$$

- ❖ M, Posibles canales de salto
- ❖ K, Numero de interferencias entre usuarios.

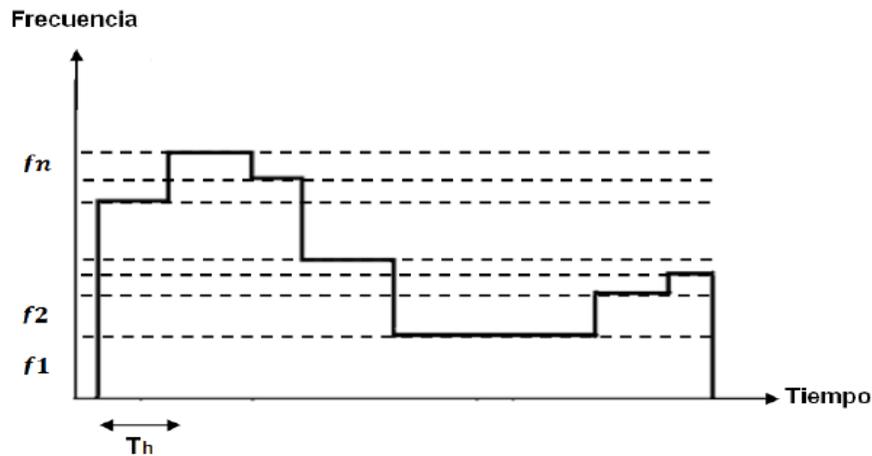


Figura II.11 Espectro disperso por salto de frecuencias¹²

Dos diferencias entre el FHSS lento y FHSS rapido cada uno de estos con sus características diferente, decimos que el FHSS lento consiste en que varios bits de información se transmiten a la misma frecuencia, en cambio el FHSS rapido realiza varios saltos de frecuencia para poder transmitir un unico simbolo de la señal de entrada.

Hemos tomado unas imágenes para realizar la comparación del FHSS lento y FHSS rapido como se verán en las figuras II.12, II.13 respectivamente, considerenado que ambas figuras se utiliza MFSK(Multiple frequency-shift keying), con modulación, considerando que $M=4$, esto significa que a las entradas de 2 en

¹² Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

2 bits se están utilizando 4 frecuencias diferentes, indicando que cada símbolo de la señal de entrada está conformado por dos bits.

- ❖ T , duración de un bit de la señal de entrada.
- ❖ T_c , tiempo activo de la portadora.
- ❖ T_s , duración de cada símbolo.

Como podemos observar en la figura II.12, dos bits de información que a su vez estos forman un símbolo son enviados en la misma portadora.

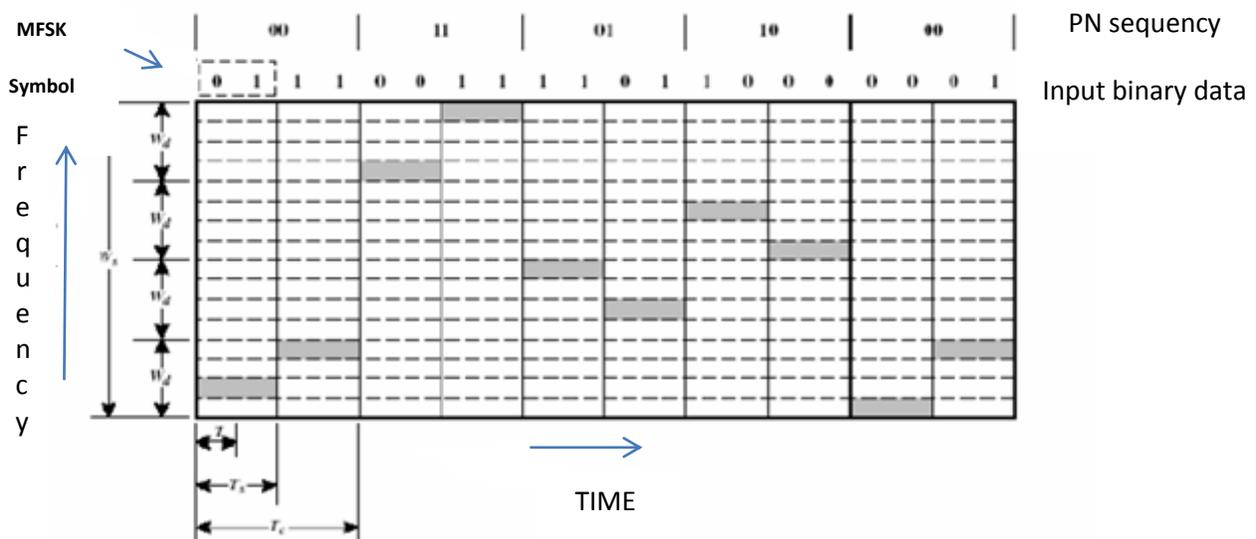


Figura II.12 Ejemplo de FHSS lento¹³

En cambio en la figura II.13, solo es enviado un bit en la portadora, tomando en cuenta que utilizamos dos portadoras para enviar un símbolo de bits.

¹³ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

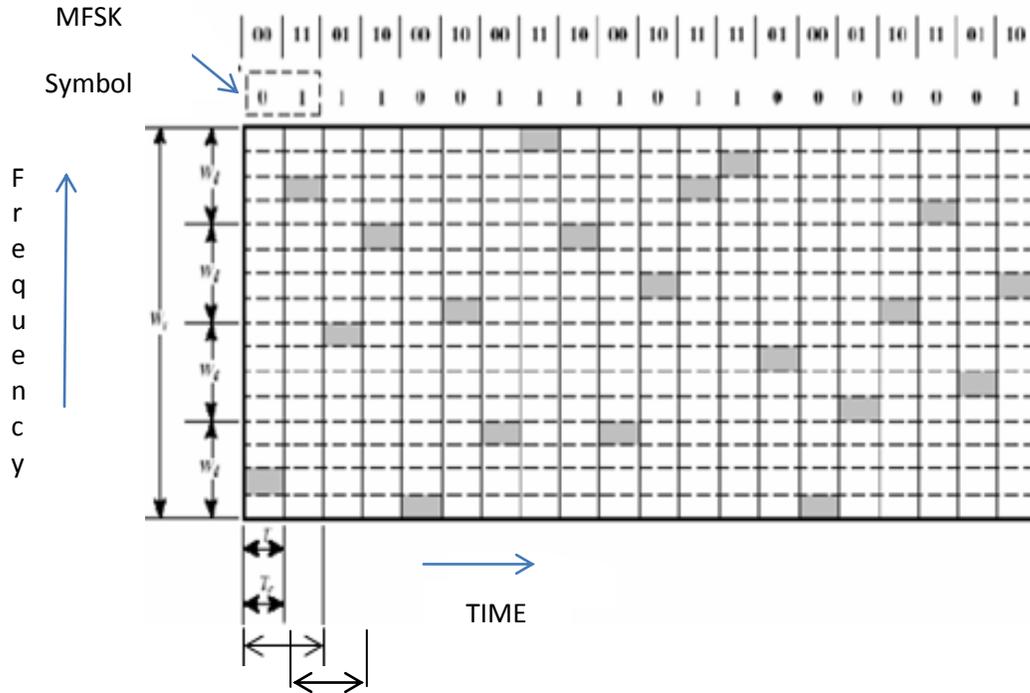


Figura II.13 Ejemplo de FHSS Rapido¹⁴

2.4.2.1 Generacion de una señal FHSS

para generar la señal Frequency Hopping debemos modular la informacion que se va a transmitir despues de haber sido una secuencia de pseudocodigos centrada la frecuencia base, para obtener una Frequency Hopping mediante un sintetizador de frecuencia que este a la vez va permitir el salto de frecuencias de esta manera

¹⁴ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

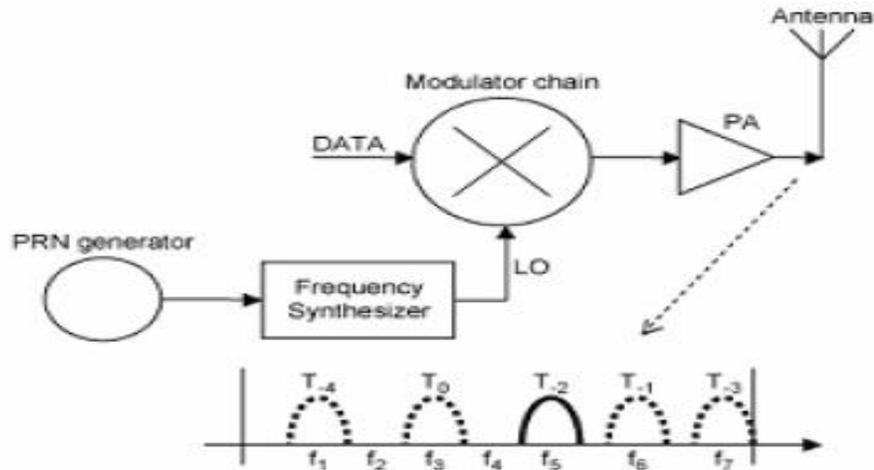


Figura II.14 Transmisor Frequency Hopping¹⁵

Hay tecnicas de modulacion que se utiliza, pero las mas importantes en Frequency Hopping son:

- ❖ BPSK (Binary Phase Shift Keying).
- ❖ FSK (Frequency Shift Keying).

FSK es una tecnica de modulacion no coherentes, es mas usada para generar señales de Frequency Hopping, sin embargo con BPSK es dificil mantener la fase adecuada en el sintetizador de frecuencias.

Como muestra la figura II.14, el generador de pseudoruido va a emitir la misma frecuencia PN que fue aplicada a dicha informacion al ser transmitida para asi poder recuperar dicha informacion, por otro lado en el receptor (Rx), debemos contar con un generador pseudoruido sincronizado con dicha señal. La frecuencia pseudoaleatoria que se introduce en el transmisor se retira en el receptor siendo esta la sseñal resultante demodulada para llegar a la informacion original, siendo esto que la secuencia PN es usada para controlar a la salida del sintonizador de frecuencia.

¹⁵ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3220/1/T-ESPEL-0639.pdf>

2.4.3 Tiene Hopping Spread Spectrum THSS.

La información es transmitida durante intervalos de tiempo en base que un código sea asignado a cada usuario. Time hopping nos ayuda a determinar un periodo de tiempo que se lo denomina Tramas, y estos a su vez podemos decir que es dividido en M intervalos de tiempos más pequeños que a estos los llamamos tiempos de slots. Así de esta forma en Time Hopping la señal del usuario no puede ser transmitida de forma continua, uno por intervalos de tiempo con cada usuario un código asignado para su información.

Por otra parte la señal demuladora y decodificada para poder recuperar su señal original, Time Hopping transmite una señal mediante fragmentos de tiempos cortos ya que estos encuentran la señal en el buffer, donde es aplicado un código pseudoaleatorio con un ancho de banda emitido mayor a la señal original. una señal Time Hopping es baja cuando ocupa la misma frecuencia de transmisión y hay la posibilidad de intercepción, debido que en el tiempo hay variaciones mucho más rápidas, permitiendo que el receptor tenga una adecuada sincronía.

2.4.4 Direct Sequence Spread Spectrum DSSS

la información es llevado a cabo una señal de esparcimiento a esta se la llama como pseudoaleatorio, cuenta con un bit rate lo cual le hace independiente de la información, y siendo mayor a la señal de información.

Podemos decir que al utilizar DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), de la señal original se representa por múltiples bits para lo cual utilizamos el código de spreading.

De tal forma que si utilizamos 10 bits de spreading la señal se espaciará 5 veces más ancho a diferencia si utilizamos solo 2 bits de códigos de spreading . podemos decir de esta manera que la señal dentro de un ancho de banda asignado en proporción directa al número de bits utilizados. Para poder generar una señal Spread Spectrum debemos utilizar un ancho de banda mayor que al

ancho de banda minimo requerido por la portadora para asi poder transmitir la informacion requerida.

Por otra parte el receptor debe contar con el codigo spreading adecuado para poder recuperar la informacion, cuando este realice el OR exclusiva entre el codigo pseudoaleatorio y la señal resultante de dicha transmision, cuando sea retirado el codigo de ensanchamiento podamos recuperar la informacion en banda base. La señal de informacion o el codigo pseudoaleatorio a su vez conocido como codigo de ensanchamiento se realiza mediante la operación OR exclusiva obteniendo de tal manera la señal que fue transmitida.

2.4.4.1 Generacion de una Señal DSSS

Como se muestra en la figura II.15 un diagrama de como se genera una señal.

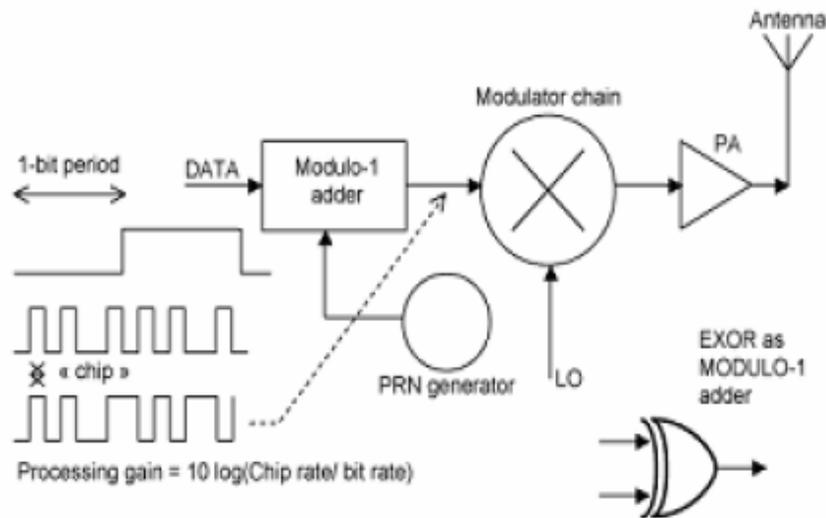


Figura II.15 Transmisor Direct Sequence Spread Spectrum¹⁶

Como podemos observar en la figura II.15 la tasa de transmision del codigo pseudoaleatorio es mayor que al de los datos trasmitidos. Una de sus características Direct Sequence es que el codigo pseudoaleatorio se aplica directamente a dicha informacion que vaya a trasmitirse antes que pase por la

¹⁶ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

etapa de modulación, por aquello el modulador observa una tasa de transferencia mucho mayor al del mensaje original emitido. Por tanto decimos que el chip-rate es n veces mayor a la original para que sea la longitud de secuencia de ensanchamiento o pseudoaleatorio.

La tasa de transferencia original es conocida en el medio como bit rate, en cambio la nueva tasa de transferencia se la denomina chip rate.

Direct Sequence tiene técnicas de modulación que son usadas generalmente en:

- ❖ PSK (Phase Shift Keying).
- ❖ BPSK (Binary Phase Shift Keying).
- ❖ QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).
- ❖ MSK (Minimum Shift Keying).
- ❖ D-BPSK (Differential Binary Phase Shift Keying).

Cada una de estas técnicas tienen su función específica para su desarrollo y acople al proyecto.

El generador local debe estar sincronizado ya que por otra parte el receptor debe contar con su propio demodulador coherente y a su vez del generador antes mencionado de una secuencia de códigos ya que el receptor no solo debe conocer la secuencia de pseudocódigo usada para expandir la señal sino del código que va llegar a la señal recibida. Para que al momento de que haya sincronía ambos deben mantenerse hasta que se complete toda la señal recibida.

Con Direct Sequence logramos explicar con más detalles se puede explicar que el ancho de banda de una señal es mayor que una de baja hablado esto de frecuencias, de tal forma al ser mayor la velocidad de transmisión esta a su vez es mayor en código pseudoaleatorio, ya que requiere un mayor ancho de banda, cuando realicemos una combinación entre el código con la información obtengamos la velocidad del código, por lo que el ancho de banda del código permite que este sea el adecuado para la señal Spread Spectrum[4].

Si hablamos matematicamente una señal del espectro disperso por secuencia directa podemos representar por la ecuación (1.3), donde:

$$Y(t) = A_x(t)c(t)\cos(2\pi fct + \emptyset) \quad (1.3)$$

- ❖ $X(t)$, Señal portadora,
- ❖ C , Portadora
- ❖ \emptyset , Fase.

Dichos códigos de dispersión que están dados por $c(t)$ están representados por la ecuación (1.4), en donde C_i es igual a +1 -1 y representa el chip de secuencia de dispersión. La forma de onda del chip $\varphi(t)$ se limita dentro de un intervalo establecido $[0, T_c]$, se realiza esto por prevenir que haya posibles interferencias en el receptor entre chips [4].

$$C(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} C_i \varphi(t - iT_c) \quad (1.4)$$

Como podemos observar en la ecuación (1.5), el T_x entre T_c se le conoce como ganancia de procesamiento dándonos como resultado un número entero igual al número de chips en un intervalo de símbolos [4].

Decimos que un símbolo es un conjunto chips y está representado por la fórmula a continuación (1.5).

$$G_p = \frac{T_x}{T_c} \quad (1.5)$$

Como mencionábamos en lo anterior es necesario es obligatoriamente que el receptor (R_x) se encuentre en sincronía con el transmisor (T_x), ya que el receptor recibe una señal dada como $y(t)$, la cual esta aplica un código pseudoaleatorio $C(t)=1$, para poder recuperar la información de $X(t)$ de una manera exitosa, por si esta llegare a perderse se tendría un generador local en el receptor.

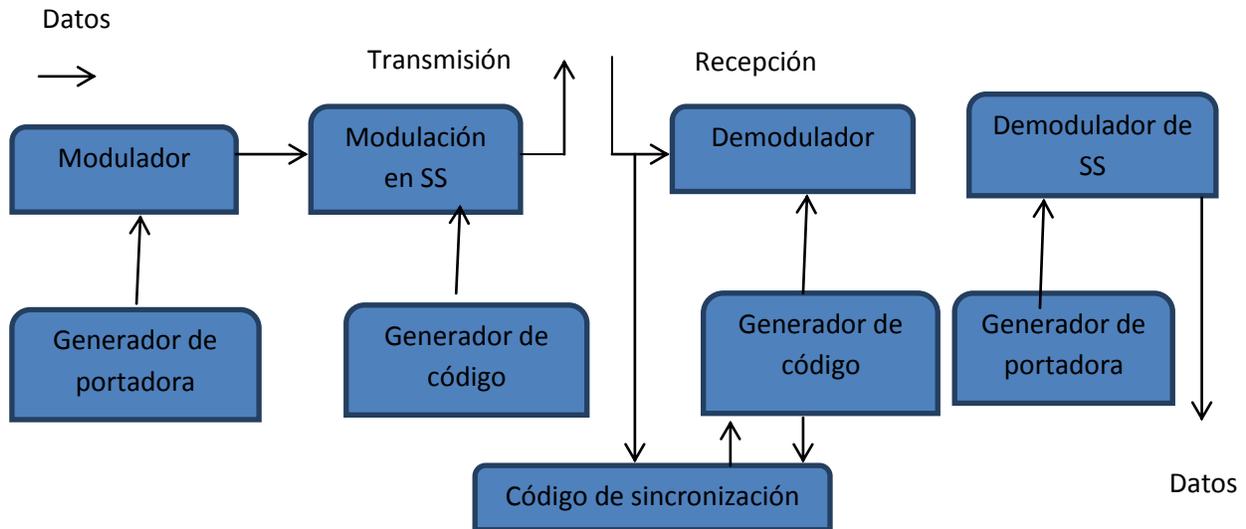


Figura II.16 Diagrama a bloques de un sistema DSSS¹⁷

Características de DSSS

Ahora podremos explicar mas detalladamente las propiedades para el caso especifico en el que se utiliza DSSS

- ❖ **Acceso Multiple.** Podemos decir que para el acceso multiple varios usuarios ocupan un mismo canal en un mismo tiempo las señales DS tienden a recorrer en tiempo y frecuencia. Por lo tanto en el receptor un modulador coherente esta siendo usado para mover el codigo pseudoaleatorio. Para asi poder recuperarla dicha operación en banda base potenciando dicha operación deseada.
- ❖ **Interferencia Multiruta.** Cuando nos ponemos a transmitir la señal RF, tomemos en cuenta que pueden tomar varios caminos o rutas debido a los fenomenos estos son:

¹⁷ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3220/1/T-ESPEL-0639.pdf>

- Reflexion
- Refraccion
- Difracion.

Toda las señales tienden a tener su diferente ruta pero todas son copias de una señal transmitida pero con distintas amplitudes y fases dandonos como resultado la dispersion de una señal.

En cambio el receptor tiende a esperar que lleguen varias copias de una señal para asi poder recuperar su fase todas ellas son sumadas para obtener una señal mas fuerte. En el caso de DSSS podemos decir que un modulador coherente recibe la señal requerida, a continuacion recibe la misma informacion pero con retardos, esto a su vez es considerable como interferencias del medio, por lo que solo se podra recobrar parte de la potencia no siendo asi en su totalidad.

- ❖ **Interferencia de Banda Angosta.** El receptor involucra una deteccion coherente tras realizar la multiplicacion de un generador local de secuencia con la señal recibida. Si multiplicamos la señal de banda angosta con la secuencia de codigos de banda ancha, si multiplicando una señal de banda angosta con la secuencia de codigo de banda ancha, dicha potencia en la informacion de banda ancha decrece en un factor de ganancia de la informacion.
- ❖ **Baja probabilidad de ser interceptada.** Podemos decir que son dificiles de interceptar al ser las señales de ruido ya que interfieren en el medio a transmitir por el resto de los usuarios. Para la generacion de señales codificadas es mas sencilla por lo que la operación OR exclusiva es una multiplicacion y nada mas.

2.4.5 Hybrid spread Spectrum HSS

Este sistema tiene una particularidad, dentro de Spread Spectrum tiene tres combinaciones de las cuales dos tipos son utilizados, y tiene una combinacion de CDMA con algun tecnica de acceso multiple. De los sistemas hibridos se puede

tener cuatro posibles soluciones en técnicas de espectro extendido. Y estas son : DS,FH,TH.

Cada técnica de modulación de un sistema híbrido es combinar las ventajas específicas, por ejemplo:

DS Y FH podemos obtener una ventaja de inmunidad con trayectorias multiruta de DS combinado considerando un favorable desempeño ante la propiedad Near-Far de uno de los sistemas como es FH.

2.5 Secuencias de Ensanchamiento

Este tipo de frecuencias por lo general aparentan ser ruido ante el resto de las señales, con la finalidad de lograr contar con el mismo número de 1 segundo que de 0 segundos respectivamente. Para evitar que los receptores se confundan entre los diferentes códigos de ensanchamiento y ser capaces de identificar la información que corresponde para de esa manera no recuperar información cambiada.

Spreading es una secuencia binaria que lo utiliza un transmisor y receptor determinado para establecer una comunicación fiable y sin pérdidas de información, así entre estos no pueda esparcir la información tomando en cuenta que el ancho de banda es mayor obteniendo señales con una potencia baja así poder evitar posibles interceptaciones de información.

Para dichas secuencias de ensanchamiento hay dos categorías empleadas que son:

- ❖ Secuencias de pseudoruido
- ❖ Código ortogonales

Para sistemas DSSS tanto la secuencia de pseudoruido y códigos ortogonales son utilizados para su elaboración, mientras tanto que la secuencia de pseudoruido se emplea en sistemas FHSS.

Por otra parte en el receptor es removida la secuencia pseudoaleatoria a la señal de información del espectro esparcido, para recuperar la información original debe ser multiplicada la secuencia de ensanchamiento con la sincronía correcta, para lo cual se debe realizar un esparcimiento que consista en realizar la operación XOR entre los datos obtenidos de información y dicha secuencia de esparcimiento

2.6 Control de potencia

En breves palabras podemos decir que se trata del control permanente que emite la emisión del móvil para de esa manera mantener un mínimo de potencia, por lo que decimos que CDMA tiene que ser la potencia transmitida fija para que SNR sea un valor medio mínimo que se requiere para su recepción sea exitoso y de la mejor [6].

Por lo que podemos decir que como ventaja mayor economía en la alimentación de equipos móviles y gran duración de baterías ya que hoy en día no sucede, los usuarios equivalen a ruido aleatorio, por lo que, cada usuario tiene su potencia debidamente controlada para así no provocar interferencia que nos puede hacer perder la información, esto se lo realiza con el fin de que el móvil que se encuentre cerca de la base no emita una señal potente, para de esa manera no interfiera a los equipos remotos, por tanto la potencia de transmisión del móvil que genera debe ser igual a la de todos los móviles que estén transmitiendo información hacia la base.

2.7 GSM

GSM hace su lanzamiento desde el año 1991 en el mercado teniendo éxito profundo que en 1993 operaba en 22 países. Hoy en día es una tecnología que rompió fronteras porque se tienen este tipo de redes en más de 80 países. Es un sistema que por la necesidad de la telefonía celular en campos militares perteneció a la segunda generación que se desarrolló para solucionar los problemas de compatibilidad existentes en la primera generación, Europa fue el

país que creo el estándar ya que llegó con casi 50 mil usuarios en todo el mundo con la novedad que fue el primer sistema digital, siendo hoy en día un estándar popular y compatible con la sociedad [2].

GSM emplea una combinación de FDMA y TDMA como técnica de acceso múltiple para proveer a las estaciones base acceso simultáneo a varias unidades móviles. Las bandas disponibles se dividen en canales de 200kHz y éstos son compartidos por 8 usuarios. Cada usuario ocupa una ranura tiempo por medio de TDMA. La tasa de transmisión en ambas direcciones es de 270.833kps para todo el canal y de 33.833kbps para cada usuario, esto se logra por medio de modulación GMSK (Gaussian minimum shift keying) [2].

El grupo GSM definió una serie de requisitos básicos para desarrollar este estándar, de los cuales a continuación se mencionan los principales:

- ❖ Roaming (Itinerancia) Internacional.- Permitir que las estaciones móviles puedan ser utilizadas en todos los países participantes.
- ❖ Permitir compatibilidad con otro tipo de servicios, como son los servicios relacionados con la red PSTN (Public Switched Telephone Network) y con la red ISDN (Integrated Services Digital Network).
- ❖ Soportar nuevos servicios.
- ❖ No requerir modificación significativa de las redes públicas fijas.
- ❖ Usar un sistema de señalización estandarizado internacionalmente para la interconexión de centros de conmutación y registros de localización.
- ❖ Usar recomendaciones del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones) en los planes de identificación y numeración.

2.7.1 Arquitectura de la red GSM

Como se muestra en la figura II.16 la arquitectura de la red GSM. Trata de tres subsistemas conectados entre ellos y con la particularidad de sus abonados.

- ❖ BSS (Base Station Subsystem)
- ❖ NSS (Network and Switching Subsystem)
- ❖ OSS (Operational Support Subsystem)

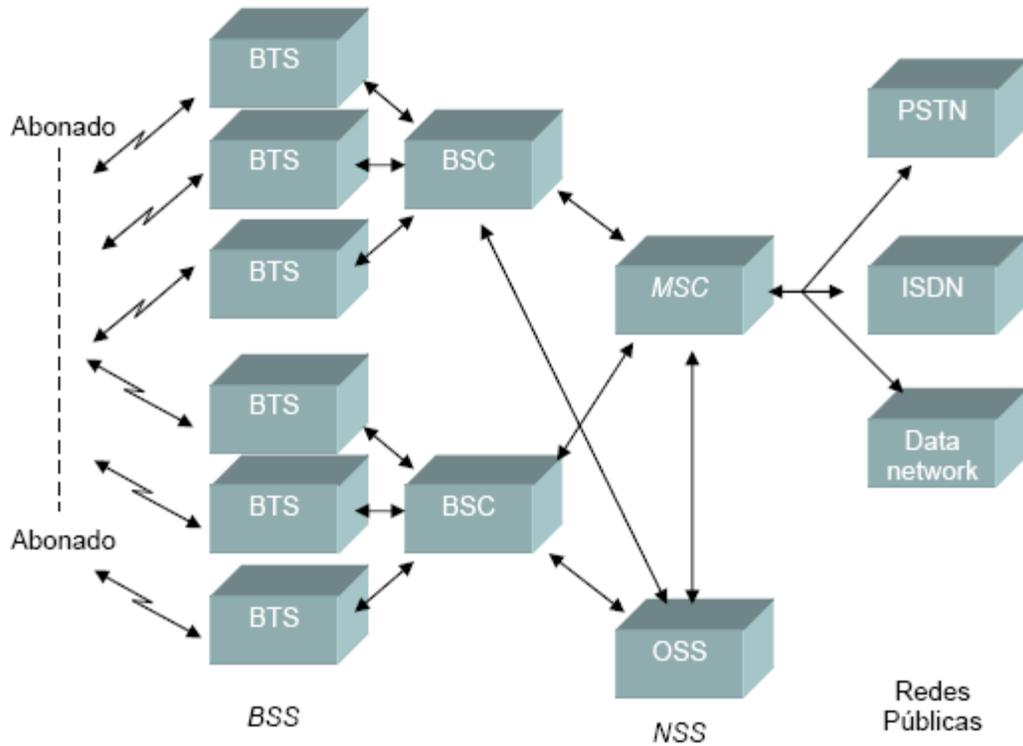


Figura II.17 Arquitectura GSM.¹⁸

Dónde:

- ❖ BTS = Base Transceiver Station.
- ❖ BSC = Base Station Controller.
- ❖ MSC = Mobile Switching Center.
- ❖ OSS = Operational Support Subsystem.
- ❖ PSTN = Public Switched Telephony Network.
- ❖ ISDN = Integrated Services Digital Network.
- ❖ BSS = Base Station Subsystem.
- ❖ NSS = Network and Switching Subsystem

¹⁸ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

2.7.1.1. BSS (Base Station Subsystem)

Este subsistema consiste en que la interfaz entre los terminales móviles y el subsistema de red que lo conforman el BSC (Central de Estación Base) y sus correspondientes BTS's, como se muestra en la figura II.17

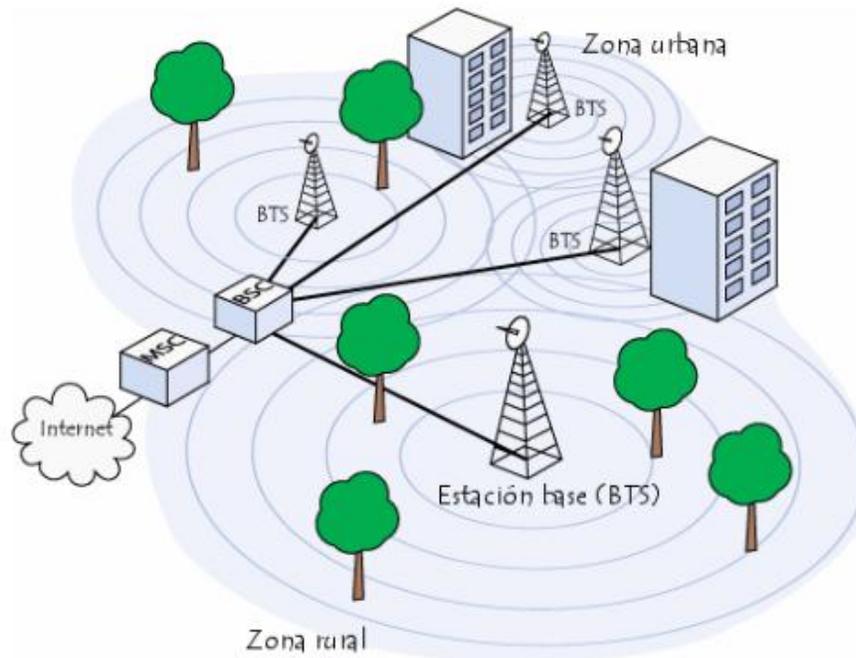


Figura II.18 Subsistema de Estación Base (BSS)¹⁹

Como se puede observar en la imagen antes mencionada podemos decir que el subsistema de la estación base es solo una parte de la red ya que realiza las siguientes funciones.

- ❖ Señalización del Interfaz Aire
- ❖ Conexión entre la MS y el NSS
- ❖ Gestión de la Movilidad.
- ❖ Control de la Red de Radio

¹⁹[http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1,](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1)

- ❖ Tratamiento y Transcodificación de la Voz
- ❖ Recopilación de información del Material Estadístico

BSS tiene elementos fundamentales y estos son:

- ❖ El BSC, tiene la funcionalidad de Controlar desde la Estación Base, es un sistema estándar, por lo que la red central, controla la red de radio.
- ❖ La BTS, conocida como estación base, es una instalación fija o moderada de radio para la comunicación, acotamos diciendo que es un elemento de red que mantiene el interfaz Aire. Además, la Estación Base dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para poder efectuar el enlace con la Central de Conmutación de Telefonía Móvil Automática deseada. Podemos decir que una estación base está constituida por un conjunto de transceptores (TRX).
- ❖ El transcodificador es un elemento que pertenece funcionalmente al BSS pero que puede estar situado físicamente en la BTS, en el BSC o externo al BSS. Como característica podemos decir que es capaz de convertir voz de un formato de codificación digital a otro y viceversa.

GSM únicamente especifica entidades funcionales e interfaces normalizados. Por lo que GSM define solo las interfaces del equipo, por lo que hay intensas formas y maneras para desarrollar una red de transmisión. La transmisión se considera se considera una parte del BSS debido al hecho de que el BSS es típicamente una entidad geográfica razonablemente grande [7].

2.7.1.2 NSS

NSS (Network and Switching Subsystem), Es un Subsistema de Red que se ocupa de una gran parte de la red GSM, y realiza funciones de portar y administrar comunicaciones entre teléfonos móviles y la red conmutada, cabe recalcar que sus realiza varias funcionalidades como se detalla a continuación:

- ❖ Interfuncionamiento de redes
- ❖ Cobro Recogida de Material Estadístico.
- ❖ Gestión de Movilidad
- ❖ Registro de la Llamada
- ❖ Gestión o comisión de Seguridad.
- ❖ Señalización del Interfaz A y PSTN.
- ❖ Control de BSS.
- ❖ Datos del abonado y Gestión de los Servicios

Para realizar que se dé efecto tales funcionalidades antes detalladas se debe realizar algunos aspectos como:

EI MSC (Centro de Conmutación de Servicios Móviles), es una sofisticada Central telefónica, la que nos permite proporcionar la conmutación de llamadas, se puede decir que es el elemento principal del NSS. Tiene funciones control del BSS, funciones de interfuncionamiento, tarificación, estadísticas y señalización de los interfaces A y PSTN.

HLR (Registro de Posición Base), como su nombre lo dice es un registro, una base, donde, se almacenan permanentemente todos los datos del abonado dentro de una red. El HLR da una posición conocida fija, para la información del encaminamiento de variables. Como principal característica del HLR son los datos del abonado y gestión de servicios, estadísticas y gestión de la movilidad.

VLR (Registro de Posición Visitante), es la base de datos temporal de los móviles de una región, a diferencia del HLR que es de una base de datos de toda una red ya que estos dos tienen particularidades similares. También podemos decir que la memoria local para las variables y funciones necesarias para gestionar llamadas hacia y desde un abonado móvil en el área correspondiente al VLR.

AuC (Centro de Autenticación), es una ayuda importante dentro de la información ya que verifica las identidades de los usuarios. La red celular puede realizar movimientos de una celda a otra. Acontando que el registro de identificación del equipo son elementos de la red NSS ya que estos se ocupan de los aspectos relacionados con la seguridad.

Como se puede observar en la figura II.18, nos proporciona una apreciación de las interfaces entre los diferentes elementos de red en el NSS.

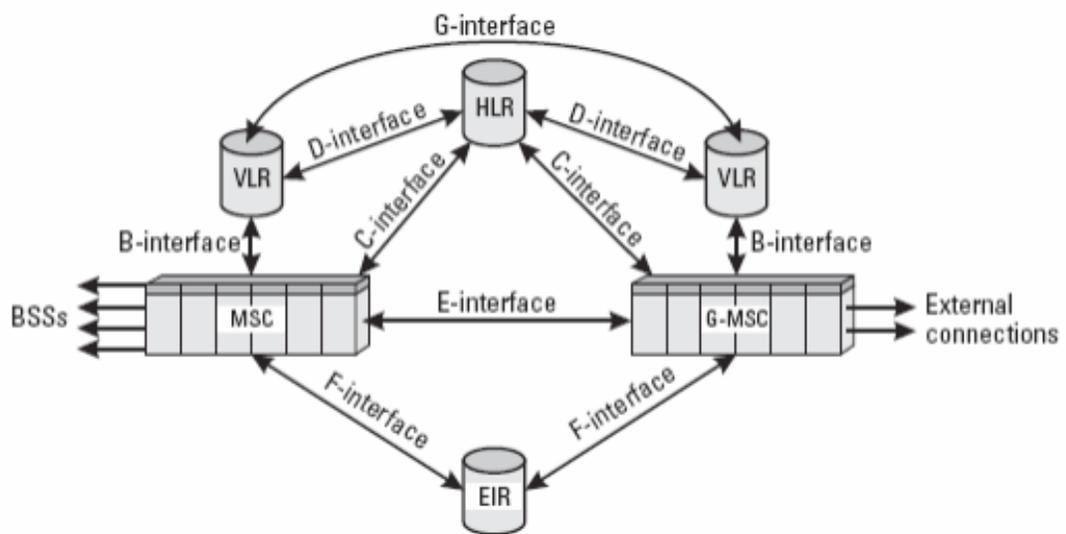


Figura II.19 Subsistema de Red (NSS)²⁰

HLR obtiene información de encaminamiento para una llamada dirigida a un móvil como se muestra en la figura II.18. El elemento de red GMSC (Gateway Mobile Switching Center), es un nodo que permite interrogar al HLR para obtener información. También podemos decir, tenemos un vínculo de unión de la red GSM con distintas redes externas como se muestra en la figura anterior [7].

²⁰ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

2.7.1.3 OSS (Operational Support Subsystem)

Este sistema en términos generales se le conoce como sistema de red, el mismo que se conforma del centro de control y operación de mantenimiento, las funciones de operación y mantenimiento que son:

- ❖ Modificación de parámetros de servicio en la MSC-VLR, HLR y BSC
- ❖ Gestión indirecta de los datos relativos a cada terminal móvil
- ❖ Aseguramiento del servicio
- ❖ Servicio al cliente.
- ❖ Configuración de los aparatos de la red

Para el control y gestión del funcionamiento de red se lo hace con el NMC (Centro de gestión de Red).

También conocida en el medio como Estacion Movil, la misma que realiza una combinación de terminal abonado para poder enlazar una comunicación dentro de una red. Los datos del abonado se guardan en un módulo separado llamado SIM, por lo que si hacemos matemáticamente se dice que $ME+SIM = MS$.

La SIM (Modulo de Identidad del Abonado), es una “tarjeta inteligente” que puede utilizarse con cualquier estación móvil portátil.

El IMSI (Identificador de Terminal Móvil Internacional), memorizado en la tarjeta inteligente, sirve al operador de GSM para identificar al abonado en la red [6].

2.7.2. Servicios y Aplicaciones del GSM

El estándar GSM posee algunos tipos de servicios que pueden ser clasificados en dos grupos:

- ❖ Servicios básicos
- ❖ Servicios suplementarios

2.7.2.1. Servicios Básicos

Los servicios básicos de telecomunicación que GSM ofrece a los usuarios se dividen en dos categorías principales:

- ❖ **Teleservicios:** son conexiones punto a punto por lo que permiten conectarse entre sí simultáneamente ya sea conexiones unidireccionales o bidireccionales.
- ❖ **Servicios Portadores:** son aquellos que nos facilitan la capacidad necesaria para transmitir señales entre puntos los mismos que presta el servicio de telecomunicaciones, destinados por la red. Que son utilizados generalmente en la transmisión de datos.

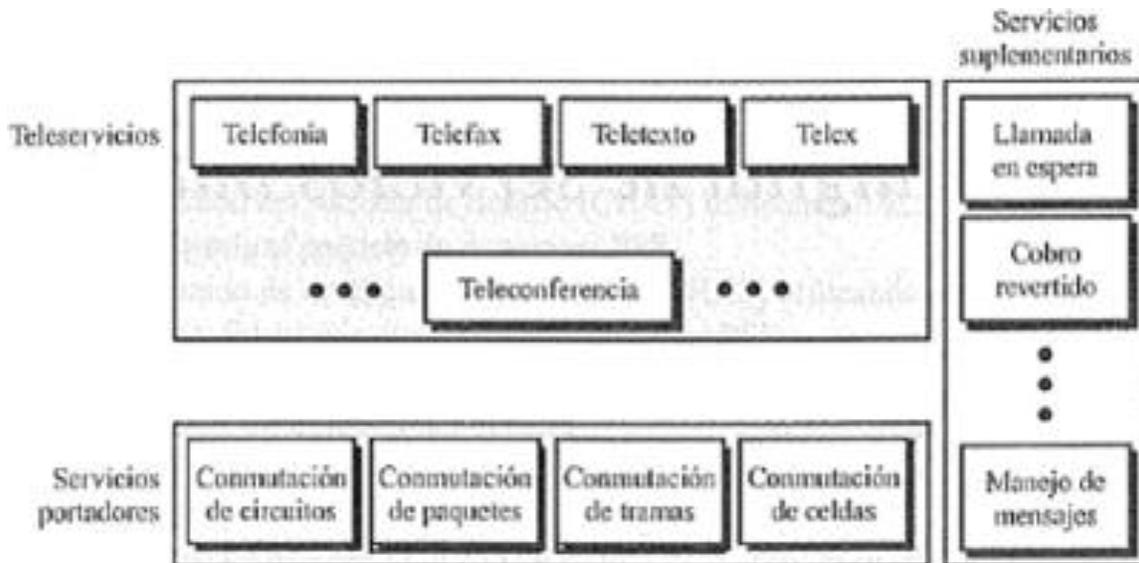


Figura II.20 Tele servicios y servicios Portadores²¹

La red GSM ofrece múltiples servicios a continuación detallaremos unos pocos de estos:

²¹ <http://www.mailxmail.com/curso-redes-protocolos-estandares-2/rdsi-protocolos-estandares>

- ❖ **Voz:** Es un sonido producido por el ser humano, usando las cuerdas vocales y tener la capacidad de recibir y de enviar llamadas para realizar conversaciones deseadas con abonados móviles.
- ❖ **Llamadas de emergencia:** esto habilita cuando esta fuera del perímetro permitido de una señal y nos ayuda a comunicarnos con centros de emergencia pulsando un botón aún sin contar con la tarjeta SIM.
- ❖ **Servicios de mensajes cortos (SMS):** los mensajes cortos son adecuados para emergencias por lo que un abonado esta fuera de servicio o cobertura dicho mensaje es almacenado en la central de mensajes esperando que el receptor tenga cobertura, pasando a modo de espera e informando al abonado que el mensaje no puedo ser entregado. utiliza una modalidad Store & Forward (Almacenamiento y envío). El terminal que genera el mensaje se comunica con el terminal que recibe con un retardo temporal introducido por la memorización del mismo en una base de datos, por lo que la entrega del mensaje no es en tiempo real. Utiliza el signaling path (ruta de señalización) de la red GSM.
- ❖ **Roaming:** Es la capacidad de hacer y recibir llamadas en redes móviles fuera del área local en la que tiene su central, lo que si dificulta es que cuando realizamos llamadas fuera del país de origen donde se generan costos adicionales podemos acotar diciendo que roaming hace posible que los usuarios adquieran una libertad de movimiento entre las áreas de cobertura de las diferentes empresas estas son: Claro Movistar u CNT-EP
- ❖ **Buzón de voz:** Es un sistema centralizado, que permite a los usuarios recibir y almacenar mensajes de voz de las personas que llaman cuando están ausentes o fuera del área de cobertura. Esto provee únicamente la funcionalidad de una contestadora automática que tiene almacenado varias opciones.
- ❖ **Buzón de fax:** Esto ha sido una ayuda muy importante porque a la vez facilita al usuario enviar y recibir mensajes de fax en cualquier lugar a través de su móvil siempre y cuando este dentro de la red te telefonía.

- ❖ **Voz y fax alternados:** se llama así los canales de multiplexación ya que estos nos facilitan el intercambio entre voz y fax. Se puede conmutar varias veces, siempre y cuando no haya interferencias o medios Naturales que interrumpen a la información enviada o transmitida.

Para la transmisión de datos asincrónicos y sincrónicos con velocidades hasta los 9.6 Kbits/s podemos explicar los siguientes:

- ❖ **Tráfico hacia la red telefónica:** conocido como PSTN (Public switched telephone network), lo esencial para enviar el tráfico de datos y no se pierda información hacia la red pública es necesario seleccionar un módem ya que este puede realizar dicha actividad.
- ❖ **Red Digital de Servicios Integrados.** o también ISDN, nos facilita conexiones digitales de extremo a extremo, permite proporcionar una gama de servicios, ya que nos ayuda para la integración de multitud de servicios en un único acceso.
- ❖ **Acceso a otras redes de datos asíncronos:** la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos son esenciales para soportar tráfico en las redes públicas, necesitando una interfaz en función de cada propósito.
- ❖ **Transmisión de información a distintas velocidades** para la comunicación dúplex empleando conmutación de circuitos sincrónica y asincrónica es de 300 a 9600 bps.
- ❖ **Acceso a funciones de PAD (Packet Assembler/Disassembler),** la detección de portadora es utilizada para escuchar al medio que transmite para ver si se encuentra libre, teniendo un estándar para comunicación asíncrona es de 300 a 9600 bps.
- ❖ **Acceso de redes públicas de datos,** para el acceso a las redes públicas de datos tenemos como estándar el protocolo X.25, dicho servicio de conmutación de paquetes es para la comunicación de datos dúplex, de 200 a 9600 bps.

- ❖ **Transmisión de voz y datos durante una llamada** (Speech & Data Swapping), la transmisión de voz y datos durante una llamada es esencial hoy en día por la demanda de usuarios y que cada día va avanzando dicha tecnología.
- ❖ **Selección de módem**, para seleccionar un modem debemos realizar un estudio de las necesidades y de lo que se requiere por lo que se utilizan los servicios de audio de 3.1 KHz cuando se conecte a la ISDN.
- ❖ **Soporte de Solicitud Automática de Retransmisión** (ARQ, Automatic Request for Retransmisión), son protocolos usados esencialmente para el control de errores, modo transparente (Con ARQ) y modo no transparente (No ARQ) en la transmisión de datos.

2.7.3 Salto de frecuencias

En la propagación de radio frecuencia el canal presenta desvanecimiento de frecuencia selectiva. Esto quiere decir que las condiciones o características para la transmisión varían dependiendo de la frecuencia individual que se maneje. Así mismo, la propagación de la señal es multirruta. Esto ocasiona efectos indeseables en la comunicación. Como alternativa para solucionar estos dos problemas, GSM utiliza salto de frecuencia [8].

Dentro del salto de frecuencias tenemos dos tipos que son:

- ❖ FFH (Fast Frequency Hopping)
- ❖ SFH (Slow Frequency Hopping)

Podemos realizar una comparación rápida entre FFH y SFH. Se dice que FFH tiene un sin número de bits de datos que tienden a tener saltos o picos de frecuencia como se los conoce, cuando el salto es rápido existen cambios de frecuencia, en cambio con SFH los cambios de frecuencia no son numerosos como en lo anterior.

GSM emplea SFH para:

- ❖ Protegerse ante ataques electrónicos
- ❖ Reducir los efectos de la propagación multirruta, lo que aumenta la calidad de la señal
- ❖ Lograr diversidad de frecuencia
- ❖ Optimizar el uso del espectro

La diversidad de frecuencia significa que manda la información usando diferentes frecuencias, con lo que se incrementa la probabilidad de que los datos lleguen al destino. La tasa de saltos es de 216.7 por segundo. Este valor equivale a la duración de una trama o frame. Es así que el móvil transmite a una frecuencia durante una ranura de tiempo y a otra frecuencia distinta durante la siguiente ranura de tiempo.

2.7.4 Bandas de Frecuencias de los Sistemas GSM

2.7.4.1 GSM-900

GSM tiende a una banda de frecuencia y asignación de canales como se muestra en la tabla II.III.

Tabla II.II Tabla De Banda De Frecuencias GSM-900²²

SISTEMA	BANDAS	FRECUENCIA		ASIGNACION DE CANAL
		Subida(Mhz)	Bajada(Mhz)	
P-GSM-900	900	890.2-914.8	935.2-959.8	1-124
E-GSM-900	900	880.0-914.8	925.0-959.8	975-102,0-124
R-GSM-900	900	876.0-914.8	921.0-959.8	955-1023,0-124
T-GSM-900	900	870.4-876.0	915.4-921.0	DINÁMICA

Como podemos observar en la tabla II.III tenemos canales y subcanales de 124 con subbandas de 25 MHz c/u. Cada portadora se divide en frames (tramas) donde cada trama tiene 8 time spots (intervalos de tiempo), con una duración de

²² http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

trama de 4.6 ms. Este tipo de bandas son usadas en Europa, África, Oceanía y Medio Oriente para enviar información entre estación base y estación móvil. En la a continuación en la figura II.20 detallamos la distribución de frecuencia en GSM-900 tanto para el uplink como para el downlink [10].

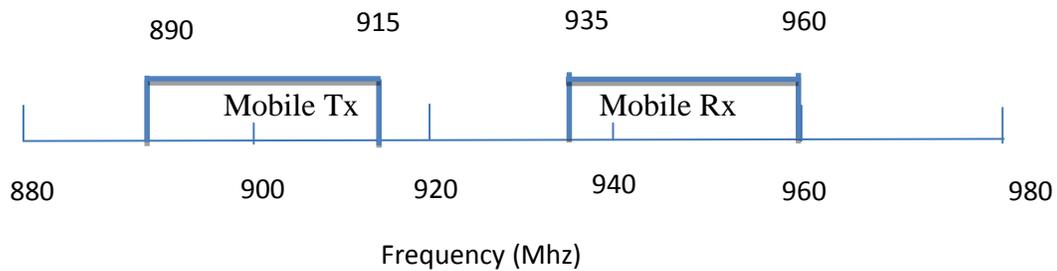


Figura II.21 Banda de frecuencia GSM 900 MHz²³

2.7.4.2 DCS-1800

En la siguiente tabla demostramos los rangos de frecuencias y se detalla en la tabla II.IV

Tabla II.III Tabla de banda de frecuencias GSM-1800²⁴

SISTEMA	BANDAS	FRECUENCIA		ASIGNACION DE CANAL
		Subida(Mhz)	Bajada(Mhz)	
DCS-1800	1800	1710.2-1784.8	1805.2-1879.8	512-885

Desde el GSM-850 hasta GSM-1900 son usados en la mayoría de países de América Latina. Separación entre la portadora del Down Link y del Up Link: 75 MHz. como se muestra en la figura II.21 la distribución de frecuencia en DCS-1800 tanto para el uplink como para el downlink [9]

²³ Fue 1710 1785 ec/bitstream/210 1880 026600.pdf

²⁴ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2007/1/026600.pdf>

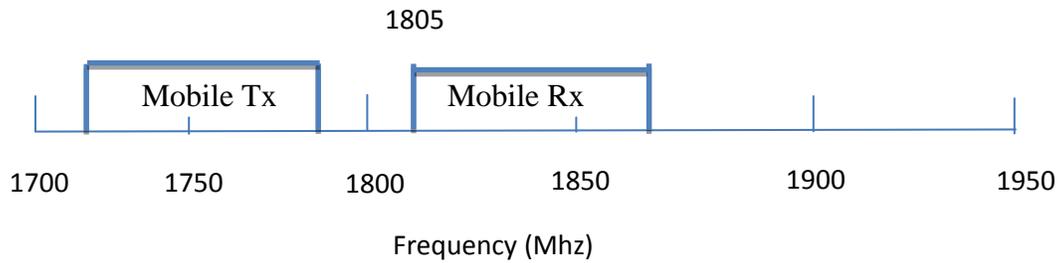


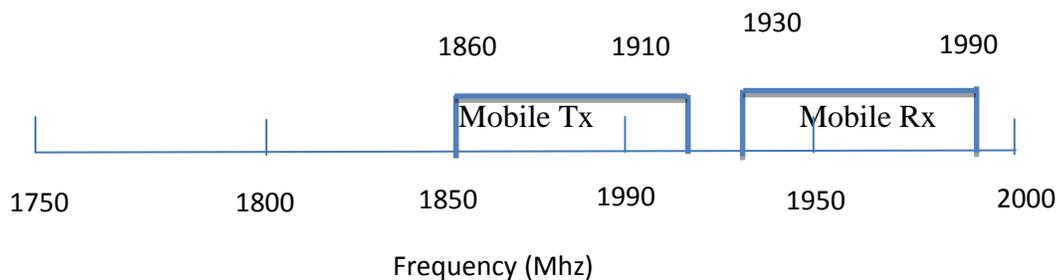
Figura II.22 Banda de frecuencia DCS-1800 MHz²⁵

2.7.4.3 PCS-1900

Tabla II.IV Tabla de banda de frecuencias GSM-1900²⁶

SISTEMA	BANDAS	FRECUENCIA		ASIGNACION DE CANAL
		Subida(Mhz)	Bajada(Mhz)	
DCS-1900	1900	1850.0-1910	1930-1990	512-810

Como nos podemos dar cuenta en la tabla II.V se muestra la banda de frecuencia GSM-1900 esta frecuencia en el Ecuador es utilizado por las operadoras de CNT EP y Claro ya que Movistar está en el rango debajo de estas antes mencionadas. Separación entre la portadora del Down Link y del Up Link: 75 MHz a aplicaciones de comunicaciones punto a punto. Como se detalla en la figura II.22 la distribución de frecuencia para PCS-1900 tanto para el uplink como para el downlink [9].



²⁵ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

²⁶ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

Figura II.23 Banda de frecuencia PCS-1900 MHz²⁷

2.8 Abonados de telefonía fija y telefonía móvil

Durante el primer semestre del 2013, la Superintendencia de Telecomunicaciones orientó y apoyó a las operadoras de telefonía fija al cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Reglamento para Abonados-clientes/usuarios, mediante revisiones realizadas a la información publicada en sus páginas electrónicas y a la información que consta en las planillas telefónicas de cada concesionaria.

En nuestro país tenemos tres operadoras de telefonía móvil celular como se muestra en la siguiente tabla II.VI,

Tabla II.V Resumen Nacional de Abonados y Líneas Activas por Concesionario²⁸

OPERADORA	ABONADOS 2007	LINEAS ACTIVAS JULIO 2012
CNT-EP	449.630	326.827
CONECEL S.A - CLARO	6.907.911	11.318.271
OTECEL S.A.- MOVISTAR	2.582.436	4.690.682
TOTAL	9.939.977	16.335.780

Hasta julio del 2012 la superintendencia de telecomunicaciones reporto en la página web, que existía 16.335.780 abonados lo que significa el 110,06% de penetración del servicio. El aumento de líneas en los operadores del servicio móvil avanzado, ha llevado a que se incremente el número de estaciones-base instaladas en el ecuador para de esa manera poder manejar el tráfico producido

²⁷ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3220/1/T-ESPEL-0639.pdf>

²⁸ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

por los usuarios. lo que significa que desde los recién nacidos hasta el ciudadano de mayor edad en el país son clientes. Situación irreal.

Tabla II.VI Abonados de telefonía fija y telefonía móvil²⁹

ABONADOS DE TELEFONÍA FIJA Y TELEFONÍA MÓVIL		
AÑO	ABONADOS TELEFONÍA FIJA	ABONADOS TELEFONÍA MÓVIL
1995	748 000	54 300
2002	1'426.188	1'560.861
2006	1'683.432	7'183.111
2008	1'891.953	11'155.155
JUNIO 2009	1'953.231	12'207.940

2.9 Número Total de Base por Operadora

Detallaremos un poco más a fondo sobre las operadoras en el Ecuador sus estaciones bases y a que frecuencias están trabajando gracias a la información de la SUPERTEL.

2.9.1 CONECEL S.A – CLARO

CONECEL opera en Ecuador desde el año 1993, y desde el año 2000 subsidiaria del grupo mexicano América Móvil. Actualmente, CONECEL opera en Ecuador bajo la marca CLARO, es la empresa líder en telecomunicaciones con el 69% de participación del mercado de telefonía móvil en el país, cuenta con la mayor red de voz y datos, llegando a más de 1.300 ciudades y poblaciones, más 8.000 kilómetros de carreteras y caminos vecinales en las 4 regiones del país, con el 96% de cobertura del territorio nacional.

²⁹ Fuente: SENATEL

Tabla II.VII Total de Estaciones Base CONECEL S.A.³⁰

OPERADORA	TECNOLOGÍA	NUMERO DE RADIOBASES 2007	NUMERO DE RADIOBASES 2012
CONECEL S.A.	AMPS/TDMA	197	0
	CDMA	0	0
	GSM-850	1.189	1.856
	GSM-1900	311	1.127
	UMTS	0	1.037
TOTAL		1.697	4.02

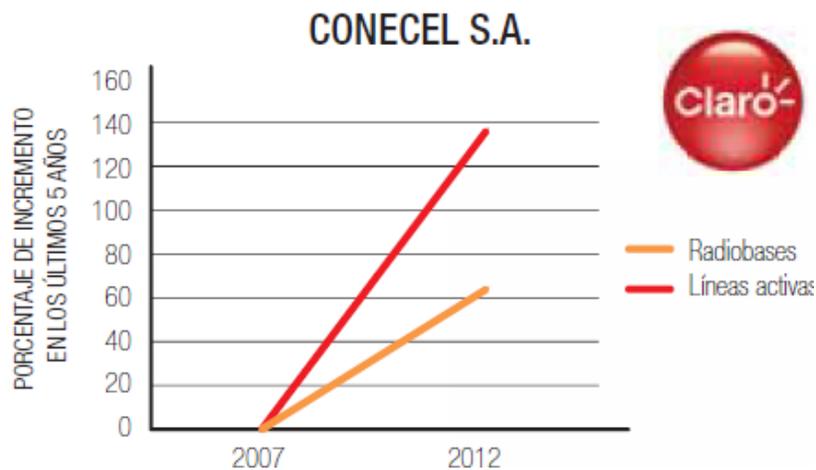


Figura II.24 Incremento De Radiobases vs Incremento de Líneas Activas de los últimos 5 años de la operadora CONECEL S.A.³¹

2.9.2 OTECEL S.A.

OTECCEL o también conocida hoy en día como Movistar, inició sus operaciones en abril de 2005 aunque ya años atrás Telefónica la había adquirido desde el 14 de Octubre de 2004 con la adquisición del 100% de las acciones de OTECEL S.A., concesionaria del servicio de telefonía móvil desde 1993, cuando esta empresa se

³⁰ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

³¹ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

llamaba Bellsouth. Movistar es la segunda mayor operadora de telefonía móvil del Ecuador con más de 3,8 millones de clientes, con 90 puntos de atención al cliente y con redes CDMA y GSM.

Tabla II.VIII Total de Estaciones Base OTECEL S.A.³²

OPERADORA	TECNOLOGÍA	NUMERO DE RADIOBASES 2007	NUMERO DE RADIOBASES 2012
OTECEL S.A.	AMPS/TDMA	215	0
	CDMA	222	0
	GSM-850	711	1.254
	GSM-1900	104	645
	UMTS	0	803
TOTAL		1252	2702

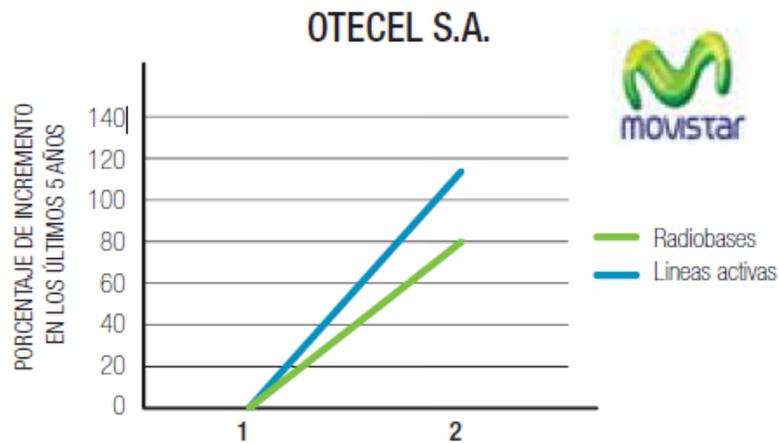


Figura II.25 Incremento De Radiobases vs Incremento de Líneas Activas de los últimos 5 años de la operadora OTECEL S.A.³³

2.9.3 CNT-EP.

Es la empresa pública de telecomunicaciones del Ecuador creada el 14 de enero de 2010, opera servicios de telefonía fija local, regional e internacional, acceso a internet estándar y de alta velocidad (Dial-UP, DSL, Internet móvil 3g y LTE), televisión satelital y telefonía móvil en el territorio nacional ecuatoriano. Esta

³² http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

³³ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

empresa mediante escritura pública de fusión de las extintas Andinatel S. A. y Pacifictel S. A., suscrita el 30 de octubre de 2008, con el objetivo de unificar los servicios y ampliar la cobertura en telefonía fija e internet banda ancha en todo el Ecuador.

Tabla II.IX Total de Estaciones Base CNT-EP³⁴

OPERADORA	TECNOLOGÍA	NUMERO DE RADIOBASES 2007	NUMERO DE RADIOBASES 2012
OTECEL S.A.	AMPS/TDMA	0	0
	CDMA	222	228
	GSM	0	0
TOTAL		222	228

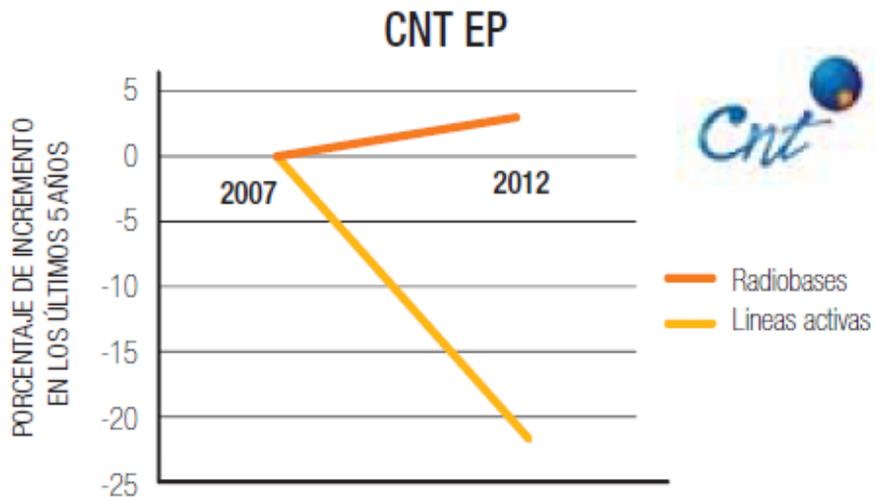


Figura II.26 Incremento De Radiobases vs Incremento de Líneas Activas de los últimos 5 años de la operadora CNT-EP³⁵

³⁴ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

³⁵ http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf

CAPITULO III

ESTRATEGIAS Y MEDIOS DE BLOQUEO

Esencialmente, la Segunda Guerra Mundial trajo consigo un gran avance en el desarrollo tecnológico y marcó la pauta principalmente en el uso de la electrónica.

Una de estas aplicaciones se dio el 26 de Febrero de 1935, con los ingleses Arnold Wilkins, Percival Rowe y el escocés Robert Watson Watt; los cuales realizarían la primera prueba de lo que hoy en día conocemos como radar.

Para el año de 1942, en medio de la segunda Guerra Mundial, los alemanes implementaron un sistema receptor de radio dentro de sus submarinos, con el cual pudieron darse cuenta de cuándo eran detectados por los radares ingleses; posteriormente, este sofisticado equipo electrónico fue integrado en los aviones de combate, también se le utilizó para navegación en los bombarderos y detección de submarinos, así como otra gran cantidad de aplicaciones. Esto marcaría el inicio de la llamada Guerra Electrónica [9].

3.0 GUERRA ELECTRÓNICA

Durante más de un siglo, el espectro electromagnético se ha utilizado para diversas aplicaciones tanto comerciales como militares.

Hoy en día nuevas tecnologías se están expandiendo más allá del espectro de frecuencias de radio tradicional en las cuales se incluye los microondas de alta potencia y armas de energía dirigida. Estas nuevas tecnologías son parte de una nueva guerra conocida como Guerra Electrónica (EW: Electronic warfare).



Figura III.27 Puntos de Ataque dentro del Electromagnetismo³⁶

La guerra electrónica se define como toda aquella actividad que implica el uso de la energía Electromagnética para obtener el control del espectro electromagnético, con el objetivo de un posterior ataque o protección tanto de información como de equipos.

La guerra electrónica se compone de tres divisiones:

³⁶ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3220/1/T-ESPEL-0639.pdf>

- ❖ Ataque Electrónico (EA; Electronic Attack).
- ❖ Protección Electrónica (EP: Electronic Proteccion).
- ❖ Soporte Electronico (ES: Electronic Support).

Las cuales se muestran en la figura III.28 La aplicación efectiva de la guerra electrónica tiene como objetivo negar toda capacidad que tenga el adversario sobre toda información, equipo o personal.

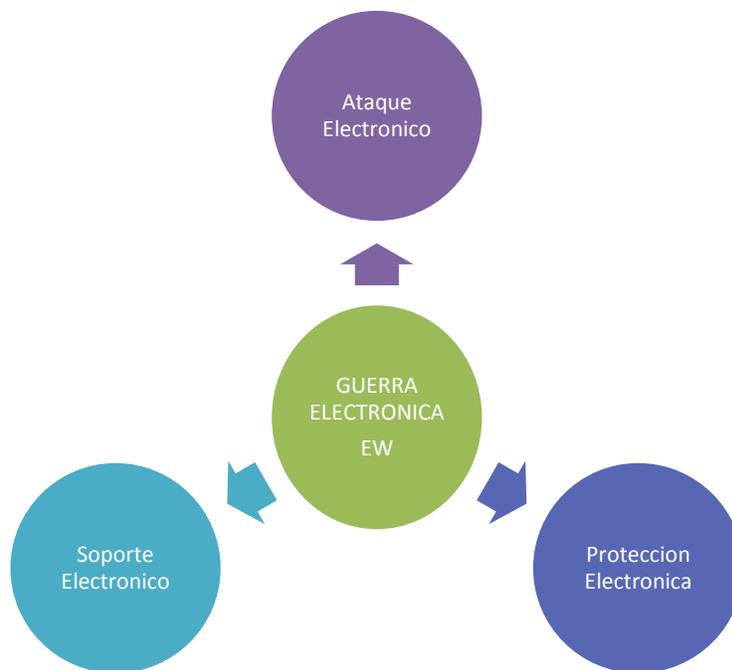


Figura III.28 Componentes de la Guerra Electrónica³⁷

3.1 Principios de la EW

La EW utiliza los los principios de explotación, mejora y control para lograr una mayor eficiencia. Los tres principios son empleados por los tres componentes de

³⁷ Fuente: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

la EW. La aplicación adecuada de estos componentes produce los efectos de la detección de la negación, menor grado.

❖ **EXPLOTACIÓN**

La explotación es el principio en el cual se aprovecha al máximo el uso del espectro electromagnético en un beneficio propio. En el cual se puede utilizar la detección, negación, interrupción, engaño y la destrucción en mayor o menor grado. Por ejemplo, al usar un engaño electromagnético (señal de transmisión falsa) para transmitir una información diferente a la verdadera o para el uso de las emisiones electromagnéticas para localizar e identificar al enemigo.

❖ **MEJORA**

La mejora es el perfeccionamiento de los sistemas para incrementar el uso de la ES como un multiplicador de fuerzas y tiene como fin el detectar, negar, interrumpir, engañar o destruir total o parcialmente la información o sistemas electrónicos a través de un adecuado control y explotación del espectro electromagnético. [10]

❖ **CONTROL**

El principio de control es el de dominar el espectro electromagnético, directa o indirectamente, tanto para ataque como protección.

3.2 Protección Electrónica

La protección electrónica es una división de la guerra electrónica dentro de la cual se implican las acciones y medidas adoptadas para proteger al personal,

instalaciones y equipos de cualquier efecto y uso amigo o enemigo del espectro electromagnético debido al EA o al ES que puedan degradar, neutralizar o destruir la capacidad de combate.

Dentro de la protección electrónica se agrupan diversas técnicas que salvaguardan y evitan la interceptación de la información que se desea transmitir. El control de emisiones o EMCON (EMISSION CONTROL) es quizás una de las formas más simples en la cual, el uso del espacio para las transmisiones ES limitado o impedido por un cierto período de tiempo, generalmente en los puntos críticos. El EMCON impide que un adversario pueda interceptar e identificar la frecuencia de funcionamiento de un punto de red de comunicaciones. El manejo frecuencia de funcionamiento de un punto de elemento en la prevención de efectos adversos.

Otra forma de proporcionar dicha protección es mediante el uso de sistemas que utilicen el espectro disperso ya sea por saltos de frecuencia o por secuencia directa las cuales reducen la probabilidad de interceptación de la transmisión. Este tipo de protección incluye medidas tales como la codificación y la modulación.

El cifrado de redes de comunicación es otra forma de protección electrónica en el cual se evita que un adversario recolecte información una vez que se ha interceptado la transmisión de información. La disponibilidad inmediata de los algoritmos de cifrado es la clave para lograr que esta técnica sea práctica y efectiva. [10.11].

3.3 Soporte electrónico

El soporte electrónico es una componente de la EW que tiene por medidas y acciones el buscar, interceptar, identificar y ubicar las fuentes intencionales y no intencionales de energía electromagnética radiada con el propósito de

reconocimiento, orientación planificación y conducción para un apoyo al Ataque electrónico.

La parte fundamental del soporte electrónico es obtener la mayor cantidad de información sobre un adversario mediante la interceptación de las transmisiones. Esta energía radiada puede ser emitida por cualquier tipo de transmisor, tales como los transmisores de las redes de comunicación, de los radares o de transmisores de telemetría.

Parte de la información importante se puede extraer de sólo tomar la medición de algunos parámetros de la transmisión tales como su frecuencia de operación, el tipo de modulación, la velocidad de los bits y la ubicación geográfica del transmisor [10,11]

3.4 Ataque Electrónico

Ataque electrónico es una división de guerra electrónica que implique el uso de energía electromagnética radiada o dirigida para atacar personal o equipos con la intención de degradar neutralizar o destruir la capacidad de comunicación y combate. Para llevar a cabo esto, muchas de las veces el ataque electrónico suele auxiliarse del Soporte Electrónico, dependiendo de la finalidad del ataque.

Los tipos más comunes de ataque electrónico son los de interferencia y engaño de los cuales el Jamming por obstrucción y barrido electromagnético es un tipo de EA por interferencia. Mientras que el EA por engaño electromagnético incluyen técnicas como la generación de falsos destinos o duplicado de información

3.5 Probabilidad de detección e interceptación

Estos términos se aplican a las diversas formas de procesamiento electromagnético de señales con el fin de hacer lo más difícil posible, el

conocimiento de que una señal se encuentre presente o no sobre el rango de frecuencias a operar, así como también, si se da el caso de que sea detectada, la información contenida en ella será difícil de extraer.

La baja probabilidad de detección (LPD: Low Probability of Detection) pretende que las señales presentes sean ocultadas al 100%. Una forma de lograrlo es colocar la señal por debajo del nivel del ruido, de tal manera que la señal no pueda ser diferenciada del ruido que siempre existe en el espectro. Esta técnica se llama Espectro Disperso por Secuencia Directa. Otra forma de ocultar la señal es hacer que la portadora realice una serie de saltos con el fin de que aquellos receptores fijos a una frecuencia no puedan ver esta señal, esta técnica se conoce como Espectro Disperso por Saltos de Frecuencia, ambas técnicas trabajan por medio de códigos los cuales determinan los saltos de frecuencia o el esparcimiento de la señal además de que solo son conocidos por un único transmisor y receptor.

Si la naturaleza del sistema de comunicación es tal que es difícil establecer LPD por su complejidad, entonces puede ser más deseable ceder el paso a la posibilidad de que la señal pueda ser detectada, pero que una vez que esto suceda, sea difícil extraer la información contenida en ella. La baja probabilidad de interceptación (LPI: Low Probability of Interception) es el término utilizado en este caso.

Una transmisión de señales de banda ancha como estas (DSSS y FHSS) requiere un equipo de recepción que también sea de banda ancha. Por desgracias, es una ley de la física que cuanto mayor sea el ancho de banda de los equipos receptores habrá mucho más ruido de fondo entrando por el receptor, junto con cualquier señal deseada. Este es un factor que puede ser utilizado a favor para que se pueda lograr un bloqueo de la señal de manera eficaz [11].

3.6 Estrategias de Jammer.

La estrategia que emplea un jammer depende directamente de la aplicación a

la que se desea atacar, por lo que se recomienda escoger la mejor opción para el desarrollo del proyecto con una sola finalidad.

Cuando se trata de atacar sistemas que empleen señales AJ, cuando se trata de emitir una señal portadora en banda base que puede ser modulada por uno o más impulsos o bien por una señal de ruido, por lo que se menciona anteriormente el jammer debe realizar esta operación [8, 10]. El nivel de potencia de jamming se expresa en J_0 y está medido en Watts/Hertz.

3.6.1 Jammer por ruido

El jammer emite una señal portadora, por lo que esta a su vez es modulada por una señal de ruido [10]. Con la particularidad que el ruido que se introduce puede ocupar todo el ancho de banda o una parte de la señal AJ. Los resultados serán diferentes considerando que no siempre se necesita atacar todo el ancho de banda, así de esta manera cumplir con el objetivo de interrumpir la comunicación, dependiendo el ancho de banda de la que se vaya a interferir. A continuación detallaremos el jamming por ruido.

- ❖ Jammer por ruido de banda-ancha
- ❖ Jammer por ruido de banda-parcial
- ❖ Jammer por ruido de banda-angosta [8.10].

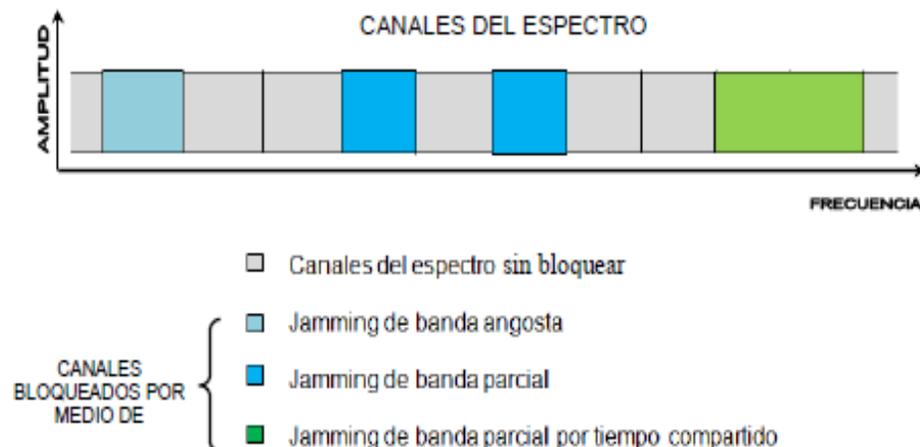


Figura III.29 Bloqueo de canales del espectro usando jamming por ruido³⁸

3.6.1.1 Jammer por ruido de banda-ancha

BBN (Broadband noise), o también conocido como el ruido de banda ancha introduce energía a través de todo el ancho del espectro de frecuencias en que opera el blanco que va hacer atacado. A este tipo de jamming se le conoce también como jamming de banda completa, y es aplicable a cualquier tipo de señal AJ [8]. El principal limitante de este tipo de jamming es que tiene un bajo J_0 , ya que la potencia es esparcida en una parte amplia del espectro.

El BBN jamming eleva el nivel de ruido en el receptor, lo que ocasiona un decremento en la relación señal-a-ruido [8, 12, 6]. La eficiencia de este tipo de jamming depende directamente del nivel de potencia y de la distancia entre el jammer y el receptor.

3.6.1.2 Jammer por ruido de banda-parcial

Conocido también como PBN (Partial-band noise). En este caso la energía se introduce por una parte específica del espectro, cubriendo solamente algunos canales, dichos canales pueden ser o no continuos. Este tipo de jamming no desperdicia tanta potencia como el anterior. Dependiendo de la aplicación, en muchos casos no es necesario introducir ruido en todo el espectro, sino simplemente en los lugares donde importa. Por ejemplo, si se conoce la parte del espectro en donde se encuentran los canales de sincronización será mejor introducir ruido en esta parte que en todo el ancho del espectro. Al no haber sincronización la comunicación no llega a ser exitosa [8, 12].

³⁸ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

3.6.1.3 Jammer por ruido de banda-angosta

Conocido como NBN (Narrowband noise). Este tipo de jamming introduce energía solamente en un canal. El ancho de banda de esta energía podría abarcar todo el canal o simplemente una parte de él. La eficiencia de esta forma de jamming dependerá en parte del conocimiento del blanco, esto es porque se debe de atacar el lugar exacto en el espectro en donde se encuentren los canales de interés. La potencia se puede canalizar toda a una pequeña parte del espectro, lo que representa una ventaja. Una vez más la diferencia entre estos tipos de jamming, radica en la potencia empleada y el espectro cubierto [8, 12].

3.6.2 Jammer por tonos

Esta estrategia consiste en colocar un tono ST (single-tone) o varios tonos MT (multiple-tone), a lo largo del ancho de banda donde se encuentra la señal AJ [8]. La eficiencia de esta técnica depende completamente del lugar en el espectro donde se coloquen los pulsos. Es por eso que se requiere estudiar la señal del blanco cuidadosa. 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. La relación entre la fase del tono emitido por el jammer y la fase de la señal es un parámetro importante. Si se envía un solo tono, éste estará presente ya sea en la frecuencia del cero o del uno. Si se encuentra en la frecuencia del uno entonces la fase representa un problema, ya que si el tono no se encuentra en fase no se podrá bloquear o interferir la transmisión del símbolo. En cambio si el tono se encuentra en la frecuencia del cero, entonces podrá bloquear la transmisión al símbolo siempre y cuando la potencia sea adecuada sin depender de la fase [12, 8].

En un caso de MT si los tonos se colocan en canales continuos, el desempeño del jammer será teóricamente igual al desempeño de jamming por ruido de

banda-parcial, debido a que los tonos se colocan en canales continuos. En este caso particular al MT se le conoce como jamming [8].

El que se produzca una correcta interferencia dependerá en primer lugar de que el tono se coloque en una parte del espectro en donde exista un tono que represente un símbolo, en ese caso el JSR debe ser lo suficientemente alto; en segundo lugar dependerá de que una vez que el tono del jammer esté en la frecuencia del tono del símbolo, la fase entre ellos sea igual.

Este tipo de jamming es muy poco eficiente contra sistemas FH debido a que depende de que la señal sale a la frecuencia en la cual se ha colocado el tono emitido por el jammer. Es por eso que si se utilizan tonos estos deben estar barriendo una parte del espectro y no estar en una frecuencia específica. Este es el caso de una estrategia de jamming posterior.

3.6.3 Jammer por Pulsos

Esta estrategia es similar en resultados al jamming por ruido de banda-parcial. En este caso el factor a tomar en cuenta no es el ancho del espectro cubierto, sino el tiempo que el jammer está encendido. A pesar de que una de las estrategias se enfoca a frecuencia y la otra a tiempo, la eficiencia es prácticamente la misma. Sin embargo, cuando se analiza el funcionamiento se encuentran similitudes con el jamming por ruido de banda-ancha. Esto se debe a que el tiempo que está encendido, el jammer que trabaja por pulsos abarca una parte amplia del espectro. Esta estrategia ahorra de manera considerable la potencia, lo que la hace eficiente si se diseña correctamente el ciclo de trabajo [12].

3.6.4 Jammer por Barrido

Es un concepto similar al ruido por banda-ancha o por banda-parcial [8, 11]. De hecho se puede considerar como una estrategia complementaria. Consiste en

introducir ruido en una pequeña parte del espectro; y una vez colocada está señal, se realiza un barrido por todo el ancho de banda que ocupe la señal AJ. Esta estrategia se puede emplear en un sistema FHSS [12]. Sin embargo, se tiene que considerar que el barrido debe de 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. Supongamos que para lograr interferir un sistema de comunicación se debe tener un BER de 10^{-1} . Un BER de 10^{-1} significa que es necesario bloquear la transmisión de un bit de diez, o para un sistema AJ que está mandando datos a una velocidad de 20kbps, la transmisión de 2000 bits debe ser bloqueada para alcanzar este BER. Si este sistema es de tipo SHF y maneja 100 saltos por segundo, cada salto contendrá 200 bits (sin considerar el tiempo entre saltos). De ahí que se necesite aplicar de manera exitosa jamming sobre 10 saltos por segundo. Ya que estos saltos pueden estar en todo el espectro asignado, al menos 10 barridos por segundo son necesarios para que el jammer sea eficiente.

A pesar de que el concepto es parecido al de jamming por ruido de banda-ancha, en este caso se optimiza el uso de la potencia. Esto se debe a que no se debe esparcir la potencia por todo el ancho del espectro, sino que se utiliza la máxima potencia en determinado lugar y en determinado momento.

Este tipo de jammer es conveniente tenerlo más cerca del adversario que de los sistemas de comunicaciones amigas, ya que este no se enfoca en unos cuantos canales específicos dentro de la banda completa de frecuencias. Sino que interfiere con todos los canales presentes dentro de una banda de frecuencias. Y puede esencialmente denegar completamente la comunicación dentro de un radio considerable alrededor del jammer. Que aunque su alcance no es lo suficientemente elevado como el que se presenta en los jammers de Banda Angosta o Parcial, si es lo suficiente para negar la comunicación a sus alrededores en una banda ancha de comunicaciones.

Como nos habremos dado cuenta el jamming por barrido funciona como si se tratase de una técnica de jamming por Ruido, pero de “Banda Ancha”. Y en efecto, existe una técnica que es conocida como: “Jamming por Ruido de Banda Ancha”. Ya que, solo por aclarar, cuando se realiza la técnica de barrido, lo que realmente se está haciendo es introducir ruido en toda la banda de frecuencias, lo cual es en sí, el objetivo de la técnica de Ruido de banda ancha.

3.6.5 Jammer por Seguimiento

Esta estrategia se aplica generalmente a sistemas FHSS. Consiste en localizar la frecuencia a la cual “saltó” la señal, identificar la señal como el blanco y emplear jamming por ruido, tonos o pulsos. Se conoce también como jamming de respuesta y jamming de repetición [12].

Sus principales limitantes al usarlo contra sistemas FH fueron determinadas por Torieri. Estas limitantes están relacionadas con el tiempo de procesado del jammer. Esto se debe a que el proceso de jamming en este caso comienza por conocer la frecuencia a la que ha saltado la señal. Esto se hace midiendo la energía del espectro para saber si ha habido ganancias o pérdidas. Si se detecta mayor energía en un punto se podría concluir que esa es la nueva frecuencia, aunque esto no es siempre cierto. Debido a la velocidad del salto de frecuencia es difícil averiguar el nuevo blanco.

Además de esto existen otros problemas. Si se aplica jamming al mismo tiempo en más de un canal, la potencia estará distribuida entre estos y probablemente no será suficiente para reducir la relación señal-a-ruido a un nivel donde no puede existir comunicación. Incluso las distintas modulaciones son un escudo ante esta estrategia. Por ejemplo, si se emplea BFSK como técnica de modulación el jammer no sabe cuál es el canal complementario. En este caso la probabilidad de que el jammer sea eficiente se reduce a la mitad. Es por estas razones que a

pesar de ser una estrategia eficiente cuando se diseña correctamente, es muy compleja y no representa una opción de sencilla implementación [8, 12].

Los objetivos de ataque para un sistema por saltos de frecuencia dependen de la distancia que haya entre: transmisor / receptor, Jammer / receptor, y Jammer / transmisor. Si el Jammer está demasiado lejos del transmisor en relación con la distancia entre el transmisor y el receptor, la señal llegará al Jammer después de que ya ha sido recibido por el receptor. Para lo que el sistema realizara un siguiente salto haciendo de esto un Jamming eficaz.

El mismo problema se produce si la distancia entre el bloqueador y el receptor en relación con la distancia entre el transmisor y el receptor es demasiado grande. A pesar de que el jammer recibe la señal en el tiempo para comprobar que es el objetivo correcto, la señal emitida por el Jammer debe viajar demasiado lejos para llegar al receptor a tiempo para impedir la comunicación por lo que la aplicación del Jammer será ineficaz, Factor que hay que tomar en cuenta cuando se implementen Jammer de este tipo [11].

3.6.6 Jammer Inteligente

Para la optimización de recursos debemos tomar en cuenta varios aspectos, por lo general y siempre se aplican estrategias sobre una señal AJ no adecuada, para esto se trabajó con el jammer inteligente que no tiene ninguna particularidad con las anteriores, sino que este tipo de técnicas es apuntar al blanco para mejorar resultados óptimos, como por ejemplo ataca la señalización en sistemas para la telefonía móvil y así de tal manera evitar el uso del teléfono celular en lugares no adecuados [12, 10].

También lo podemos conocer como jamming de engaño, de que se trata esto nada más de engañar al sistema sobre el cual se aplica el jamming, de tal manera se genera una interrupción en la comunicación, lo que esta técnica hace es enviar un mensaje falso al sistema de comunicación en estado de recepción. Por lo que nunca habrá un mensaje de confirmación que la información fue enviada o

recibida, o también conocida como una interceptación de la señal del transmisor y con ello establecer una ruta de comunicación incorrecta, para así establecer una comunicación incorrecta o fuera de servicio [12, 10].

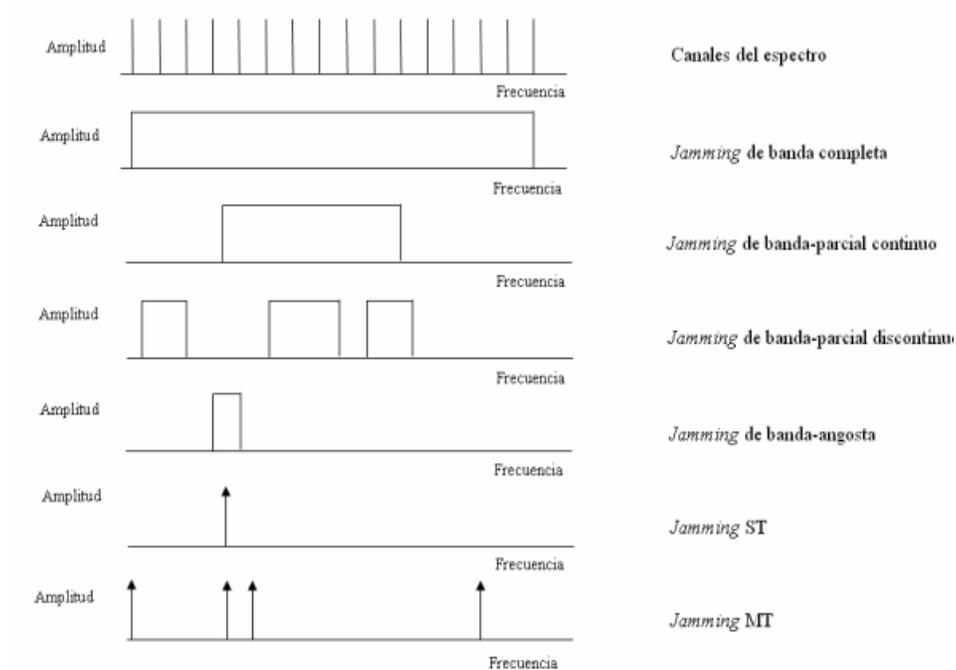


Figura III.30 Estrategias del Jamming³⁹

3.7 Técnicas para incrementar la eficiencia del jammer

Para incrementar la eficiencia del jammer debemos tener en cuenta varios aspectos como: incrementar la eficiencia, interferir simultáneamente la señal para esto que se lleve a cabo es incrementar el número de señales que se puede bloquear. Lo que se debería apuntar es siempre a un blanco a donde se vaya a interferir la señal al momento de encender/apagar el jammer por un determinado tiempo, es así que para el desarrollo de estas técnicas se detallara un poco de aspectos importantes que son útiles para el desarrollo del mismo.

3.7.1 Look-Through

³⁹ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

Esta técnica es utilizada cuando las señales no son de espectro extendido, la cual nos ayudara a determinar si el blanco a dejado de operar o si cambio de frecuencia. Al apagar el jammer con el analizador de espectros podemos determinar está en funcionamiento o no. Esta prueba se la realiza para no desperdiciar la potencia y simplemente ahorrala para poder emplear de otra forma. Sin embargo, la técnica no es factible debido a la velocidad de salto por lo que no se puede llegar al propósito. Y dejando como requerimiento que esta técnica puede ser aplicada a sistemas DSSS, tomando en cuenta que dicha técnica se pueda detectar su actividad [8,10].

3.7.2 Potencia compartida

Lo que se pudo entender de potencia extendida es una estrategia de jamming en donde los tonos podemos colocar en varias partes del espectro para atacar a los blancos sin la necesidad que los canales sean continuos, de tal forma podemos decir que una de las formas de compartir potencia es entre dos blancos representadas por la estrategia múltiple de tonos [12].

3.7.3 Tiempo compartido

Para cubrir más de un blanco es ubicar la máxima potencia del jammer, para aplicar la técnica de bloquear una señal digital no hace falta estar introduciendo ruido, por tal motivo basta con incrementar el BER hasta cierto nivel específico como estándar, en los casos de los datos es mucho más alta que en el caso de voz o comunicación, por lo general para realizar un bloqueo de voz se analógica es necesario y basta con interferir un 30 % para que no llegue el mensaje al destinatario. Para atacar al blanco hay varias formas de hacerlo una de ellas es tener la máxima potencia del jammer hacia un blanco, pero en momentos distintos [12].

3.8 Tipos y clasificación de jammer

Para realizar el tipo y la clasificación del jammer tenemos cuatro estrategias fundamentales que nos ayudaran a decidir por el óptimo y adecuado, tanto así que dependeremos de la aplicación que se vaya atacar.

3.8.1 Jamming Constante

Como su nombre lo dice esta siempre constante en emplear técnicas de ruido y barrido, lo relevante es que no es nada difícil su creación o al momento de implementar, pero no es recomendable emplear jammer constantes por motivos de aplicaciones en donde no es útil aplicar esta técnica. Sin embargo al momento de realizar la transmisión existe mucho ruido en el ambiente que excede los niveles recomendados, esto una vez encontrado el ruido es posible distinguir la fuente u origen, pero se debe tomar mucho énfasis que la potencia requerida para esta técnica es grande.

3.8.2 Jamming de Engaño

Este tipo de jamming emplea una técnica de engaño que pertenece al jammer antes mencionado. Este tipo de jammer logra invisibilidad mucho mayor que la constante pero es posible detectarse, por lo que no ayudarán al requerimiento adecuado, lo que hace esta técnica es enviar señales legítimas, pero no existe separación entre ellas, y la potencia debe ser grande para el uso de esta técnica así dificultándonos el propósito [7].

3.8.3 Jamming Aleatorio

Es una técnica muy poca probable para la implementación porque funciona por un determinado tiempo y luego deja de hacerlo, los tiempos deberían ser programados para tener una exitosa respuesta, por lo que nos dificulta y tendríamos que estar programando depende la situación esta técnica se puede utilizar en todos los anteriores como son: por ruido, por tonos y por pulsos etc. Hasta se lo puede realizar por barridos [6]. La potencia a ser utilizada debería ser menor por lo que esta técnica no se encuentra en operación todo el momento.

3.8.4 Jamming Reactivo

Este tipo de jammer consiste buscar la actividad de la red para saber en qué momento debe actuar el jammer, es una técnica más complicada pero con la probabilidad de no ser detectado en el ambiente, se puede pensar que este tipo de técnica no necesita alta potencia, pero por no ser excesivo se requiere determinada potencia para su funcionamiento ya que está monitoreando la actividad de la red. Una vez que se detecta el envío de la señal, se toma una decisión si se realizara un jammer por ruido, por tonos o por pulsos.

CAPITULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL JAMMER

Para realizar la implementación del jammer realice varias pruebas y procedimientos, comprobando cada elemento su funcionamiento y realizando en protoboard, realizándolo por etapas como se mencionara a continuación, en el transcurso del desarrollo del mismo. Para una futura implementación se debe desarrollar por etapas para que al final se logre el objetivo planteado como se logró.

4.1 Requerimiento del Jammer

Para el diseño del circuito se eligió la técnica de “Jamming por barrido” ya que se desea cancelar a toda operadora que trabaje en el espectro de frecuencias deseado como se detalló anteriormente; por lo que las técnicas de Jamming de banda angosta, parcial y tiempo compartido fueron descartadas por su particularidad de cancelar solo ciertos canales del espectro los cuales son fijos.

A su vez, la técnica de Jamming por seguimiento también fue descartada ya que esto involucra una gran complejidad de transporte y diseño de la etapa de rastreo y triangulación de la señal.

Dentro de la elaboración física del circuito se tomaron en cuenta factores muy importantes como:

- ❖ Potencia.
- ❖ Frecuencia.
- ❖ Tipo de Antena.

4.1.1 Potencia

Se debe de utilizar toda la potencia disponible, suministrada por el circuito, en cada canal del espectro y en distintos intervalos de tiempo y a su vez teniendo en cuenta esto, no se utilizara demasiada potencia por dos puntos sumamente importantes: el primero de ellos es el problema de la legalidad, ya que está severamente penada por la ley, el segundo punto involucra el implemento de numerosas etapas de ganancia a la salida del circuito, factor que es desfavorable para el diseño.

4.1.1.1 Predicción de potencia

El área de cobertura del jammer, depende esencialmente de cuatro factores:

- ❖ Banda de operación del jammer.
- ❖ Ganancia del amplificador RF de potencia.
- ❖ Ganancia de la antena del jammer.
- ❖ La distancia a la que se encuentre el jammer respecto a la radiobase.

Como adicional se tomó para el cálculo del área de cobertura se utilizó lo revisado en clases como por ejemplo el modelo Okumura-Hata, donde la ecuación de pérdida es:

$$L(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(\text{hre}) + (44.9 - 6.55 \log d) \quad (4.1)$$

Dónde:

f_c : Frecuencia de la portadora en Mhz

h_{te} : Altura de la antena transmisora en metros para un rango de 3 a 300 metros.

h_{re} : altura de la antena receptora en el rango de 1 a 10 metros.

$a(\text{hre})$: factor de corrección por la altura efectiva del móvil que es función del tipo de área de servicio.

d : Distancia entre el transmisor y el receptor en kilómetros.

Los valores de $a(\text{hre})$ se pueden definir para diferentes ambientes de propagación. Tal es así que se tiene [8].

❖ **Ciudades pequeñas y medianas:**

$$a(\text{hre}) = (1.11 \log f_c - 0.7) a(\text{hre}) - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad (4.2)$$

❖ **En ambientes suburbanos:**

$$a(\text{hre}) = L(\text{urbano}) - 2(\log(f_c/28))^2 - 5.4 \quad (4.3)$$

❖ **En áreas rurales:**

$$a(\text{hre}) = L(\text{urbano}) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94 \quad (4.4)$$

❖ **Para ciudades grandes con frecuencias menores a 300Mhz**

$$a(\text{hre}) = 8.29L(\log 1.54 \text{ hre})^2 - 1.1 \quad (4.5)$$

Debemos tomar en cuenta estas fórmulas, antes mencionadas por motivos de donde se va a realizar el proyecto y temas matemáticos.

Para el cálculo de la potencia transmitida se utiliza la siguiente fórmula:

$$PL/PT = -L + GT + Gr \text{ (dB)} \quad (4.6)$$

En este caso se tomó valores: para la potencia transmitida de 20W, altura de la antena 9m, frecuencia de 850Mhz y la ganancia de la antena receptora de 0dB, con lo que se obtuvo valores que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.1 Modelo Okumura-Hat⁴⁰

d(km)	Lp(db)	Ptx(dmb) Ptx=20w
0.03	86.7872052	-4377690524
0.035	89.1453963	-46.13509625
0.04	91.1881542	-48.17785422
0.045	92.9899944	-49.97969445
0.05	94.6017955	-51.59149545
0.055	96.0598468	-53.04954682
0.06	97.3909434	-54.38064342
0.065	98.6154336	-55.6051336
0.07	99.7491344	-56.73883443
0.075	100.804585	-57.794284466
0.08	101.791892	-58.7815924
0.085	102.719325	-59.70902547
0.09	103.593733	-60.58343263
0.095	104.420851	-61.41055084
0.1	105.205534	-62.19523363
0.2	115.809272	-72.79897182
0.3	122.012061	-79.00176102
0.4	126.41301	-83.40271
0.5	129.826651	-86.81635123
0.6	132.615799	-89.60549921
0.7	134.97399	-91.96369022

La tabla antes mencionada se tomó como referencia de los datos de Okumura Hata, se puede ver como a mayor distancia la señal se va atenuando más.

⁴⁰ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

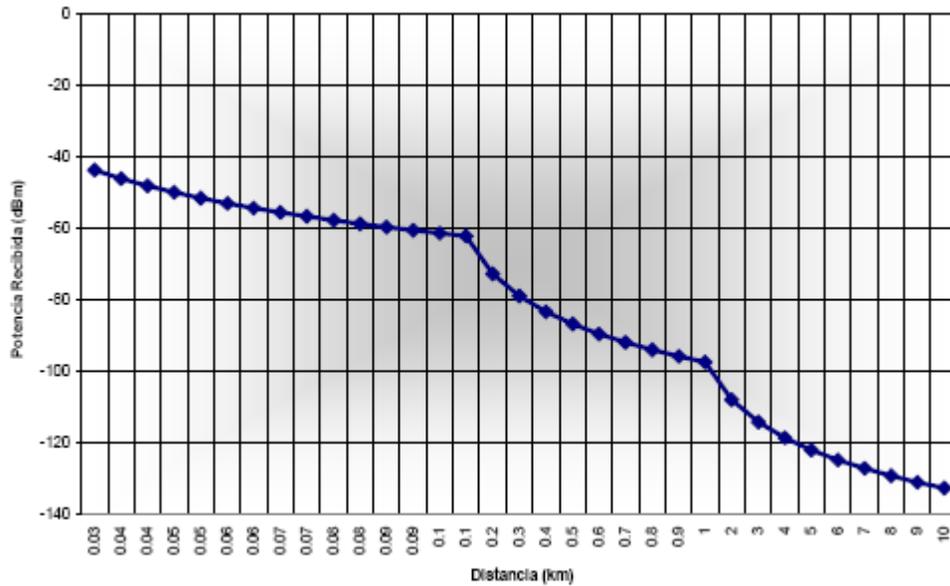


Figura IV.31 Gráfica del modelo Okumura-Hata.⁴¹

4.1.2 Frecuencia

Este factor involucra el espectro en el que se desea realizar el bloqueo, en este caso es en la banda de los 850- 1060 Mhz, tomando en cuenta que dentro de este rango de frecuencia se encuentran las operadoras de Movistar y Claro, ya que en esta parte del espectro donde se realiza la comunicación por voz, transferencia de datos y mensajes para 2G y 2.5G. Así como también se optó por atacar este rango de frecuencia dado que la mayoría de los usuarios de telefonía en Ecuador se comunica por medio de GSM ahora no por esto se deja de lado a 3G ya que el integrado que se utilizo es destinado para las frecuencias mencionadas, con la finalidad de mejorar el trabajo nos ayudara el equipo si este fuera capaz de inhibir 1900 Mhz en los que están las operadores de CNT-EP y Claro. Por lo que solo estamos trabajando desde una frecuencia de 2G. [10]

Para predecir el comportamiento del jammer se utilizó el modelo ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) para interiores, puesto que es el más

⁴¹ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

estable debido a la utilización de variables que pueden conocerse sin necesidad de mediciones, con lo que se puede determinar en parte que este modelo es mitad teórico y mitad experimental.

$$LT = 20 \log f_c + 10 n \log r + L_f(nf) - 28 \quad (4.7)$$

Dónde:

f_c es la frecuencia de transmisión en Ghz.

n es el factor de pérdidas por atenuación exponencial.

r es la distancia en metros dentro del edificio entre el transmisor y el receptor.

$L_f(nf)$ es el factor de pérdidas por penetración en pisos.

El factor de pérdidas por atenuación exponencial (n) depende de la frecuencia de utilización y del ambiente en el que se propaga la señal, los valores para este se pueden tomar de la tabla IV.VI

Tabla IV.XI Diferentes valores para la atenuación exponencial.⁴²

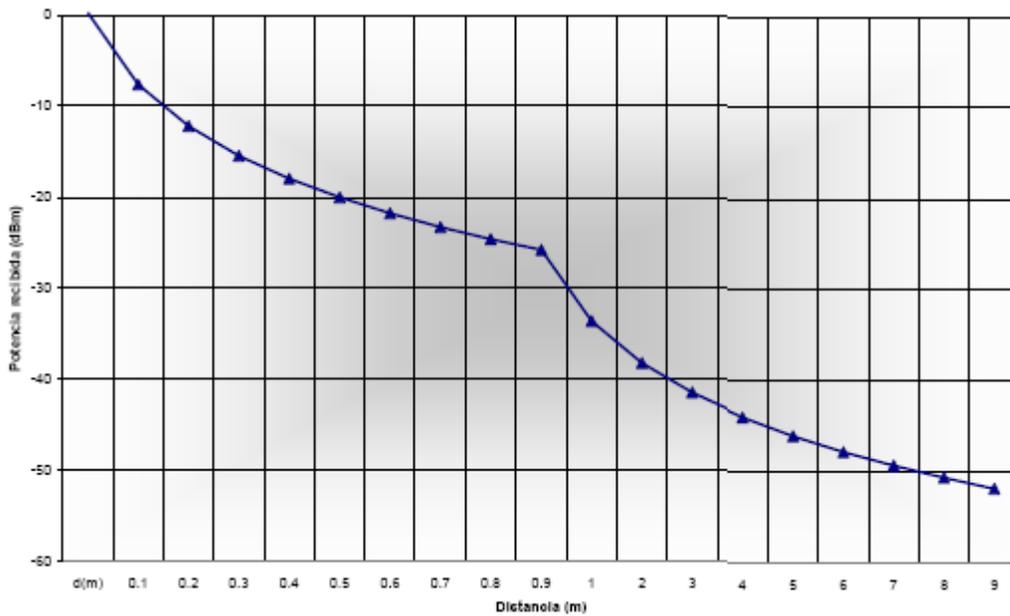
FRECUENCIA	TIPO DE AMBIENTE		
	RESIDENCIAL	OFICINA	COMERCIAL
0.9 Ghz	3.3	2.0
1.2-1.3 Ghz	2.6	3.2	2.2
1.8-2.0 Ghz	2.8	3.0	2.2
4.0Ghz	2.8	2.2
60.0 Ghz	2.2	1.7

La Tabla IV.XI y la figura IV.31 muestra los valores obtenidos a partir de las formulas del modelo ITU, según nuestras condiciones.

⁴² <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

Tabla IV.XII Modelo ITU para interiores⁴³

d(km)	Lp(db)	Ptx(dmb) Ptx=20w
0.1	11.78954793	0.21045067
0.2	19.6163292	-7.61632921
0.3	24.1947019	-12.1947019
0.4	27.4431091	-15.4431091
0.5	29.9627694	-17.9627694
0.6	32.0214818	-20.0214818
0.7	33.7620984	-21.7620984
0.8	35.269889	-23.269889
0.9	36.5998546	-24.5998546
1	37.7895493	-25.7895493
2	45.6163292	-33.6163292
3	50.1947019	-38.1947019
4	53.4431091	-41.4431091
5	55.9627694	-43.9627694
6	58.0214818	-46.0214818
7	59.7620984	-47.7620984
8	61.269889	-49.269889
9	62.5998546	-50.5998546
10	63.7895493	-51.7895493



⁴³ Fuente: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

Figura IV.32 Gráfica del modelo ITU para interiores⁴⁴

La comparación entre estas predicciones es importante porque determinan, en teoría, hasta donde puede operar el jammer.

La constitución del circuito de bloqueo está dada por los bloques del diagrama de la figura IV.33 los cuales muestran el proceso a llevarse a cabo en el proyecto.



Figura IV.33 Diagrama de Bloques del Jammer⁴⁵

4.2 DISEÑO DEL JAMMER

4.2.1 Sección de Alimentación

La alimentación de este circuito fue diseñado para usuarios fijos, por lo que se toma la energía eléctrica del contacto de la pared Dado que la sección de oscilación y la sección de RF necesitan 8 V y 24 V respectivamente, se pasaran de los 110 Vac iniciales a los voltajes necesarios en DC para la alimentación del circuito. Las partes que componen la fuente son:

- ❖ Transformador
- ❖ Rectificador
- ❖ Filtro
- ❖ Reguladores

⁴⁴ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

⁴⁵ Fuente: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>



Figura IV.34 Diagrama de Bloques de la Fuente de Alimentación⁴⁶

Al inicio se tendrán 127 Vac del contacto de la pared los cuales deben ser reducidos para la alimentación de los circuitos. Los voltajes de los transformadores se dan en términos de valores rms, por lo que para elegir el transformador adecuado se usó la formula (4.8), en donde E_m es el máximo voltaje instantáneo y E_{rms} es el voltaje en valores rms. [7]

$$E_m = (1.4) (E_{rms}) \quad (4.8)$$

Debido a que la sección RF necesita un voltaje de alimentación de 24 V, se necesita que a la salida del rectificador se tenga un voltaje cercano a ese. Por lo que dentro de los valores comerciales de los transformadores, se encontró uno de 18 Vrms, al usar la ecuación (4.9) se obtuvo un E_m deseado de 25.2 Vac

$$E_m = (1.4) (18 \text{ Vrms}) = 25.2 \text{ Vac} \quad (4.9)$$

Después de obtener este voltaje a la salida del transformador, a la siguiente etapa, un rectificador de onda completa que pasa los 25.2 V ac a 25.2 V dc. Al final del rectificador se conecta un capacitor de filtrado para hacer que el voltaje resultante sea lo más lineal posible, para esto se coloca un capacitor de 500 uf o más [7].

⁴⁶ Fuente: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

La parte final de la fuente estará dada por los reguladores LM7824 y LM7808, el primero para alimentar la sección RF que entregara un voltaje regulado de 24 V y el segundo para la sección IF que entregara un voltaje regulado de 8 V.

4.2.2 Sección de Oscilación

Recordemos que un VCO, es un Oscilador Controlado por Voltaje. Es decir, dependiendo del voltaje a su entrada, será la frecuencia de oscilación a su salida. Por tanto, el VCO, necesitará continuamente de un voltaje en la entrada para generar una frecuencia de oscilación en la salida. Sin embargo, si el voltaje de entrada es fijo, en la salida del VCO siempre se verá reflejada una única frecuencia de oscilación.

Entonces, para que el VCO entregue oscilaciones en toda la banda de frecuencia requerida, se necesita un voltaje que varíe automáticamente a cierta velocidad. Por tal motivo se requiere de una previa sección de oscilación.

Esta sección estará determinada por una onda triangular. Debido a que, en este tipo de señales las variaciones de voltaje son más lineales entre sus voltajes picos. Es decir no hay cambios abruptos de voltaje (ver figura IV.V). De esta manera el barrido que realizará el VCO será más uniforme.

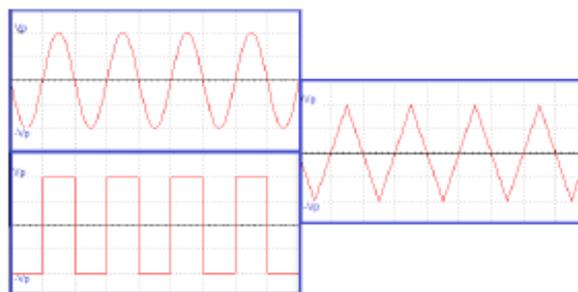


Figura IV.35 Comparación en linealidad de señales⁴⁷

4.2.2.1 GENERADORES DE ONDA TRIANGULAR

⁴⁷ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

En la figura IV.34 se puede apreciar el diagrama de bloques de un circuito generador onda triangular, este circuito es uno de los más simples, y es porque se dispone de un generador onda cuadrada y de una malla integradora.

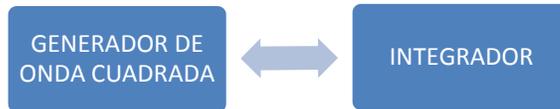
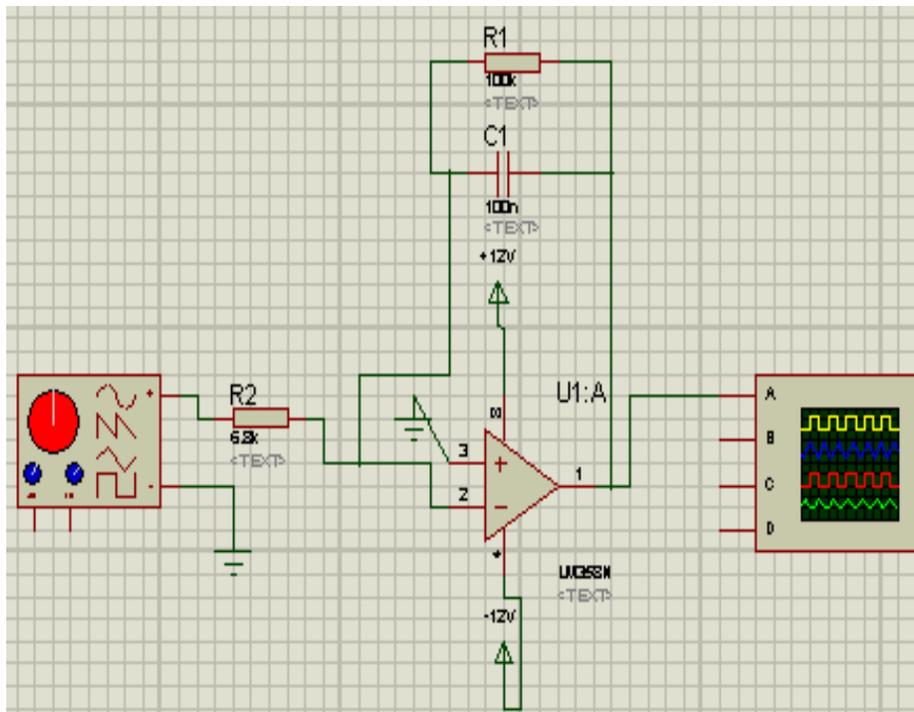


Figura IV.36 Diagrama De Bloques De Un Generador Triangular⁴⁸

En la figura IV.37 la onda rectangular es la entrada de un integrador. Puesto que la tensión de entrada tiene una componente continua nula, el nivel de continua de la salida también es cero.



⁴⁸ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

Figura IV.37 Circuito de onda triangular⁴⁹

Como se muestra en la figura IV.38, la rampa tiene pendiente negativa durante el semiciclo positivo de la tensión de entrada, y pendiente positiva durante el semiciclo negativo. En consecuencia, la salida es una onda triangular con la misma frecuencia de la señal de entrada.

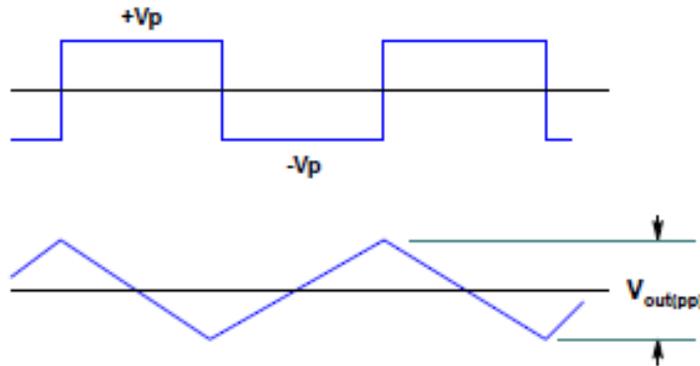


Figura IV.38 Formas De Onda De Entrada Y Salida Del Generador Triangular⁵⁰

Analizando el cambio de tensión de la rampa, podemos probar que la tensión de salida está dada por:

$$V_{out(pp)} = \frac{T}{2RC} V_p \quad (4.10)$$

Donde T es el período de la señal. Expresado en términos de frecuencia:

$$V_{out(pp)} = \frac{V_p}{2RfC} \quad (4.11)$$

En la que V_p es el valor de pico de la tensión de entrada y f es la frecuencia de esta tensión.

⁴⁹ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

⁵⁰ <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

4.2.2.2 FRECUENCIAS DE OSCILACIÓN

La manera más sencilla de encontrar la frecuencia de oscilación es comenzar por la tasa de incremento de la onda triangular de 0 a 0.5ms se encuentra en la figura IV.34 se encuentra a partir de

$$\frac{VoT}{t} = \frac{Vref}{RiC} \quad (4.12)$$

El tiempo t para medio ciclo es T/2 y durante este tiempo, VoT cambia a 2Vref. Sustituimos t y VoT en la ecuación para obtener

$$\frac{2Vref}{T/2} = \frac{Vref}{RiC} \quad (4.13)$$

Y despejamos tanto el periodo T como la frecuencia de oscilación f:

$$T = 4RiC$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4RiC} \quad (4.14)$$

Cabe recalcar que Vref se cancela en las ecuaciones recién descritas. Esta ventaja es muy importante. Los voltajes pico de las señales triangular y cuadrada se establecen por medio de +Vref. Conforme se ajusta Vref no se modifica la frecuencia de oscilación.

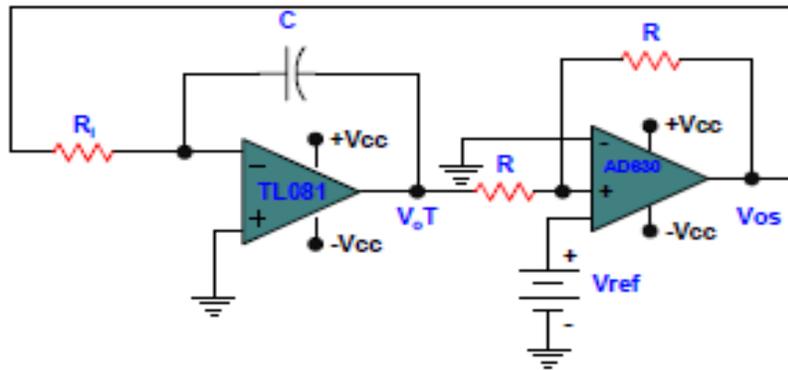


Figura IV.39 Circuito Generador De Onda Triangular De Precisión⁵¹

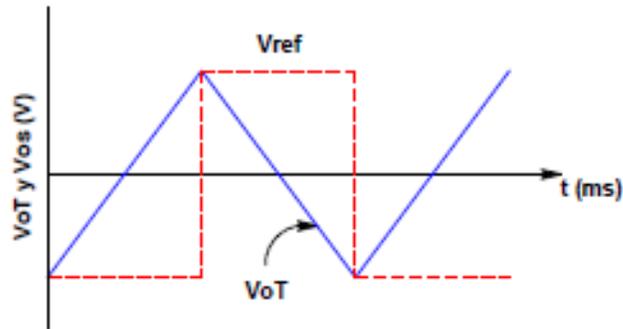


Figura IV.40 Formas De Onda De Entrada Y Salida Del Generador Triangular⁵²

Así mismo el potenciómetro conectado al pin número 3 controlará la amplitud de la señal de salida. De modo que, de acuerdo a las especificaciones del XR2206 para una señal triangular, la amplitud de salida incrementará aproximadamente 160 mV por cada KΩ. Pudiendo obtener como máximo una amplitud de 6 Vpp. Utilizando a su vez un valor máximo resistivo de 50 KΩ, como se muestra en la figura IV.36

⁵¹ Fuente: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

⁵² Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

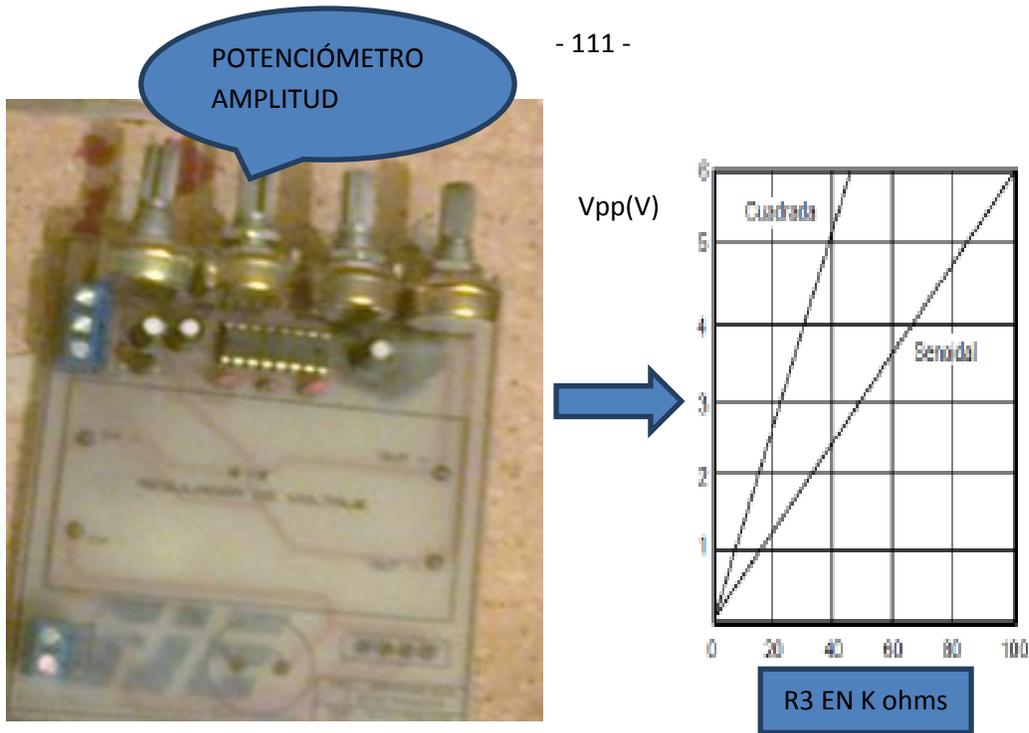


Figura IV.41 Relación Vpp con R3⁵³

Tabla IV.XIII Características eléctricas del XR-2206 para la señal triangular⁵⁴

voltaje de Alimentación (V)	Frecuencias de operación Mhz		Capacitor C (nF)	Resistor R (KΩ)	Vpp (V)
	Min	Max			
24	0.5	1	1	1	6

Cabe mencionar también que, el divisor de voltaje presente en el pin 3, formado por las 2 resistencias de 5.1 KΩ, tiene la función de introducir un desplazamiento en DC (offset), propio del XR2206. Dicho divisor fue realizado mediante un arreglo de 2 resistencias en paralelo con valores de 5.6 KΩ y 5.6KΩ. Debido a que, a pesar de ser un valor comercial, no fue encontrado como tal.

⁵³ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁵⁴ Fuente: https://www.google.com.ec/search?q=TABLA+DE+SUJETADOR+DE+NIVEL&espv=210&es_sm=12.

❖ Sujetador de nivel (OFFSET)

Como se mencionó en párrafos anteriores, el rango de barrido del VCO está en función del voltaje a su entrada La tabla IV.V muestra esta relación.

Tabla IV.XIV Frecuencias de Salida en función del voltaje de entrada.⁵⁵

VOLTAJE DE ENTRADA	FRECUENCIA DE SALIDA	POTENCIA DE SALIDA
(V)	(Mhz)	(dBm)
1	750	10.0
2	758	10.5
4	760	10.7
5	780	11.0
7	800	11.2
8	830	11.5
10	840.6	11.7
13	880.5	12.0
15	900.4	12.5
18	980.6	12.6
20	1005	11.44
22	1060.0	11.38

Se puede observar que el VCO oscilará en la banda de los 850 a 1060MHz, siempre y cuando tenga a su entrada voltajes comprendidos dentro del rango de 16V a 18V. Por lo cual, fue necesario mover el nivel de referencia (nivel de DC) de la señal triangular, de tal modo que sus límites (voltajes picos), se encuentre dentro de este rango de voltaje. Esto se llevó a cabo utilizando el transistor 2N2222 como se muestra en la figura IV.38.

⁵⁵ Fuente: Pablo S. Muyulema M.



Figura IV.42 Transistor 2N2222⁵⁶

Se trata de un transistor tipo NPN, y se eligió por ser un amplificador de radiofrecuencia que trabaja alrededor de los 300 MHz, con potencias bajas y con una gran capacidad de respuesta. Además de estar familiarizado con su uso. Algunos de sus parámetros más importantes para fines de este proyecto se muestran en la tabla IV.XV. Los cuales fueron obtenidos directamente de su hoja de especificaciones (Datasheet).

Tabla IV.XV Características Eléctricas del 2N2222⁵⁷

V _{CE} (Con Base abierta)	L _c	frecuencia de trabajo	Potencia de disipación	Tiempo de respuesta
Max	Max	Min	Max	Max
30 V	80 mA	300 Mhz	500mW	250ns

Para realizar esta amplificación y alteración del offset de la señal triangular, se trabajó el transistor en configuración de emisor común, como se muestra en la figura IV.43

⁵⁶ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁵⁷ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

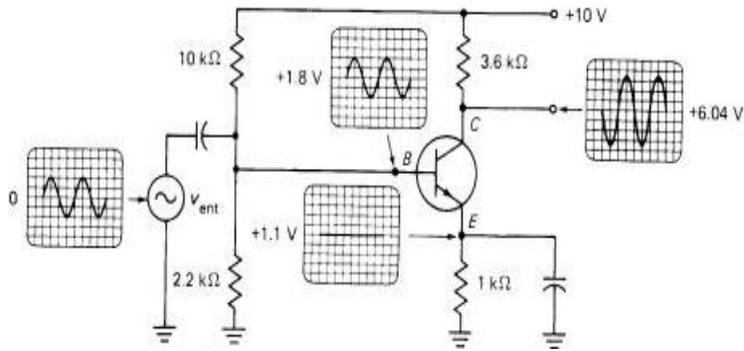


Figura IV.43 Configuración en Emisor común.⁵⁸

Lo que sucede en este tipo de configuración es que, el emisor está acoplado a tierra por medio de un capacitor. Así mismo, se tiene acoplada a la base una pequeña onda (en este caso será triangular), lo cual produce variaciones en la corriente de base. La corriente de colector es una forma de onda igual a la de base, pero amplificada (debido a la ganancia b), conservando la misma frecuencia. Esta corriente de colector, fluye por la resistencia de colector y produce un voltaje amplificado de salida, lo que da como resultado la formula

$$V_{sat} = I_c R_c \quad (4.15)$$

Por otra parte, debido a las variaciones de CA en la corriente de colector, el voltaje de salida varía proporcionalmente a ésta, en la parte superior e inferior del voltaje de CD (ver figura IV.40). Esta figura muestra también, la línea de carga de CA y el punto Q (V_{cc} , I_c). El voltaje de CA de entrada produce variaciones de CA en la corriente de base. Esto da origen a variaciones de la forma de onda alrededor del punto Q,

⁵⁸ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

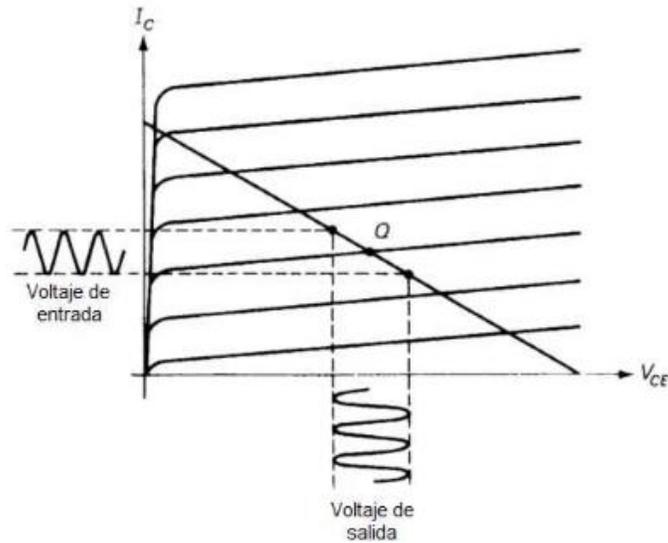


Figura IV.44 Recta de Carga⁵⁹

De esta manera, en el diseño se propusieron los valores resistivos de colector y emisor, de tal manera que no sobrepasaran la región de saturación del transistor. Para esto se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_c + R_E} \quad (4.16)$$

$$P_c = (V_{CE})(I_c) \quad (4.17)$$

Los valores propuestos fueron 2 k Ω y 1.5 k Ω , para emisor y colector respectivamente. Así mismo, usando las ecuaciones (4.16) y (4.17) se obtuvieron los siguientes valores de corriente de colector y máximo nivel de disipación:

$$I_c = \frac{24 \text{ V}}{1.5 \text{ k}\Omega + 2 \text{ k}\Omega} = 6.85 \quad (4.18)$$

$$P_{cmax} = (24 \text{ V})(6.85 \text{ mA}) = 164.4 \text{ mW} \quad (4.19)$$

El resultado obtenido de la potencia de disipación demuestra que la configuración hecha para este transistor, no sobrepasa el máximo nivel de potencia dado por el

⁵⁹ <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

fabricante, además de que su recta de polarización tampoco llega a un punto de límite de operación como lo muestra la figura IV.41.

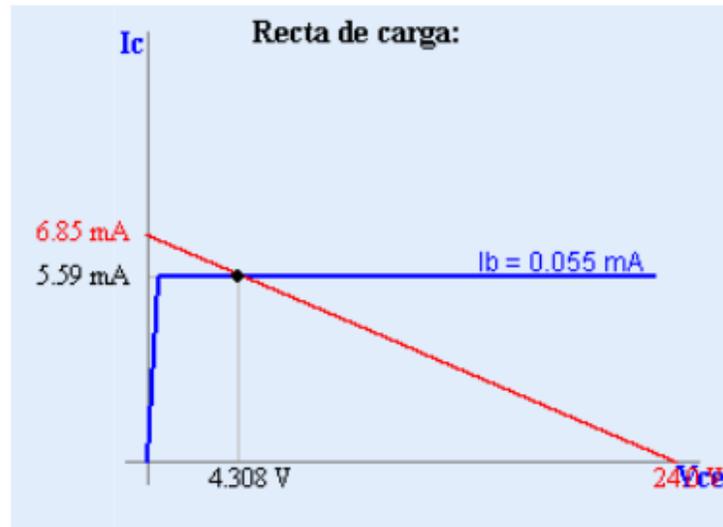


Figura IV.45 Recta de carga Resultante.⁶⁰

4.2.3 Sección RF

La sección RF es la parte más importante, ya que será aquí donde finalmente se tendrá la señal a ser radiada por el Jammer. Esta parte está comprendida por un oscilador controlado por voltaje (VCO) en una línea de transmisión y una antena. Además de las interfaces (conectores) comprendidas entre la línea de transmisión y la antena (ver figura IV.42).

Para alcanzar la potencia de salida deseada, etapas de ganancia era necesario, encontrar un amplificador que trabajara dentro de la frecuencia de 750-1060 MHz. Tratando de hacer algunos acoplos para poder llegar a interferir los 1060Mhz



Figura IV.46 Diagrama de bloques de la sección RF⁶¹

⁶⁰ <http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml#cd>,

4.2.3.1 VCO

El circuito que se eligió fue el POS 1060, de montaje superficial, el cual abarca un rango de 750 a 1060 MHz, resultando óptimo para el objetivo planteado, ya que cubre la banda de los celulares Movistar y Claro. Además, en el transcurso de la investigación pudimos encontrar también el integrado **ROS 1900** que cuenta con las mismas características y mejor funcionamiento cuenta con una buena potencia de salida, la cual como se mencionó antes, no debe ser muy grande pero a su vez, tampoco demasiado pequeña para aplicar una etapa de amplificación de ser necesario. En la investigación se encontraron dos VCO's similares que cumplían con un rango de barrido similar, sin embargo el factor que hizo que no fueran elegidos fue la potencia, ya que en un caso era muy baja (4 dBm) y en el otro demasiado grande (21 dBm), y por falta de estos equipos en el país ya que me toco importar al extranjero. En la tabla IV.XVI se muestran las características principales del VCO.

Tabla IV.XVI Especificaciones eléctricas del VCO POS 1060⁶²

Frecuencia (MHz)		Potencia de Salida	Voltaje de ajustes (V)		Alimentacion		Impedancia de salida
Min	Max	Ipica	Min	Max	Vcc	Corriente	Ohms
750	1060	+12.0	1.0	22	8	30	50

4.2.3.2 LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Una línea de transmisión se define como un sistema de conductores, semiconductores o una combinación de ambos con el objeto de transmitir energía

⁶¹ Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/107/1/T-ESPE-026600.pdf>

⁶² Fuente: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

eléctrica y señales de un punto a otro; para ser más exactos, desde una fuente hasta una carga. Existen diferentes tipos de líneas de transmisión, sin embargo para la implementación del circuito sólo se consideró la línea de tipo plana ya que además de permitirnos transmitir a estas altas frecuencias, se adapta perfectamente a un circuito impreso,

Dentro de este tipo de línea se tiene la microcinta (microstrip), la línea de ranura (stripline) y la guía de onda coplanar (coplanar waveguide). La figura IV.XVI muestra un ejemplo de las líneas de tipo planar [10,11].

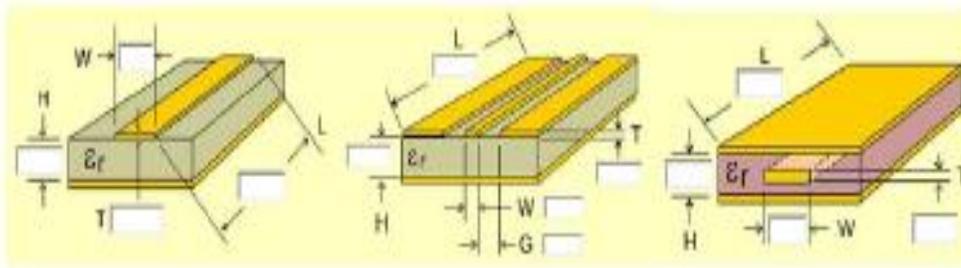


Figura IV.47 Tipos de línea plana.⁶³

Como se puede observar en la figura anterior, la guía de onda coplanar es la más idónea para el diseño del circuito por su adecuación al VCO dado que este es de montaje superficial y la mayoría de sus terminales van conectadas al plano tierra. Ahora, al trabajar con líneas de transmisión sobre un circuito impreso, se debe tener en cuenta el dieléctrico con el que está hecha la placa, ya que su constante dieléctrica, el ancho de la línea y la separación con el plano tierra, determinan la impedancia característica de la línea, siendo de suma importancia conocer la constante dieléctrica de la placa para poder definir, por medio de software, el ancho y la separación de la línea necesarios para obtener una impedancia deseada.

⁶³ <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10027/51.pdf?sequence=1>

❖ Impedancia característica

La impedancia característica de una línea de transmisión se define como una impedancia de entrada que tendría una línea de transmisión que es infinita, en otras palabras una relación de voltaje y corriente. Dado que nuestra intención es lograr la máxima transmisión de potencia de un punto a otro, se necesita cumplir la condición de que la impedancia de salida del transmisor sea igual a la impedancia de entrada de la carga.

Cuando la impedancia de la carga es diferente a la impedancia de salida del transmisor, se sufrirá una serie de problemas con ondas reflejadas en el proceso de cambio de un punto de la línea al otro, estacionaria. Si este desacoplamiento es demasiado grande la onda reflejada puede dañar el transmisor.

En este caso se sabe que el VCO trabaja con una impedancia de salida de 50Ω por lo tanto, la línea de transmisión a elaborar debe cumplir con esa condición a su entrada.

❖ Caracterización de la placa fenólica

Para realizar el acoplamiento de la línea se realizó una caracterización previa de la placa por medio de un Q-metro para la obtención de su capacitancia y, posteriormente, por medio de la fórmula (4.19) la obtención de su valor de permitividad relativa (ϵ_r). En donde C es la capacitancia d es la separación entre las placas [m], S el área en [m] y ϵ es la constante dieléctrica la cual está dado por ϵ_r que es la permitividad relativa y ϵ_0 la permitividad del espacio libre.

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad (4.19)$$

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1 CIRCUITO DE BLOQUEO

Después de realizar un análisis minucioso de los implementos y materiales que debíamos utilizar, simuladores de programas procedemos a realizar la implementación física del circuito planteado a continuación en la figura V.48 esta implementado en una protoboard para previo la implementación en una placa.

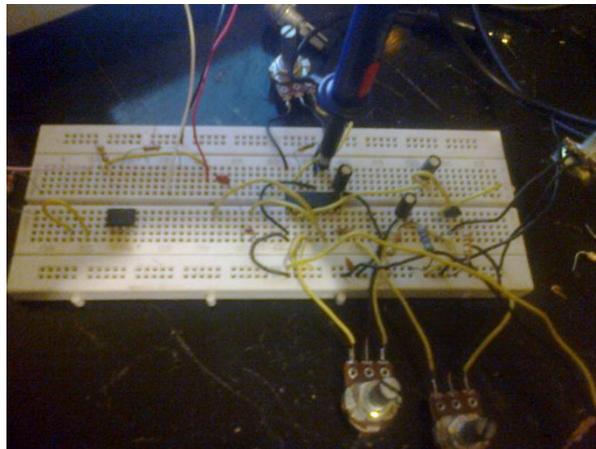


Figura V.48 Implementación en protoboard⁶⁴

Después de realizar el análisis las pruebas necesarias cambios y reemplazos de equipos para el requerimiento se procede a diseñar el circuito como se muestra en la siguiente Figura.

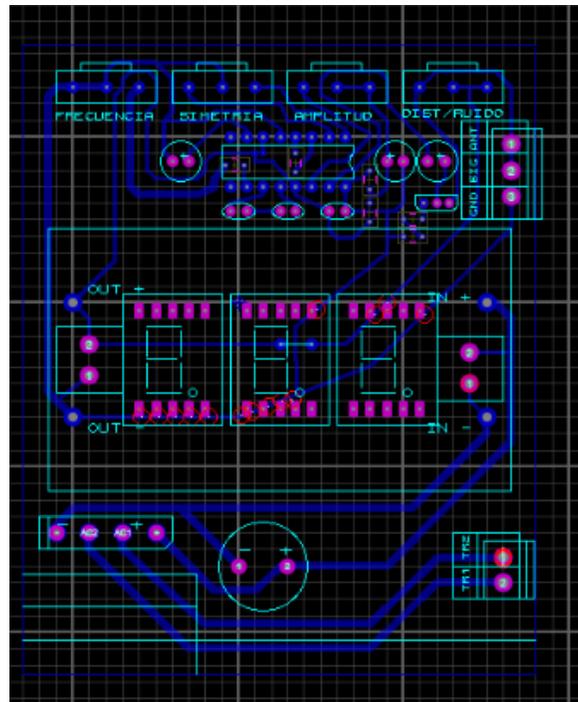


Figura V.49 Diseño Del Jammer⁶⁵

Una vez hecho las pruebas en la protoboard procedemos a realizar la placa correspondiente para el proyecto como se muestra en la figura V.49

Se realizó un diseño en 3D como se muestra a continuación:

⁶⁴ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁶⁵ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

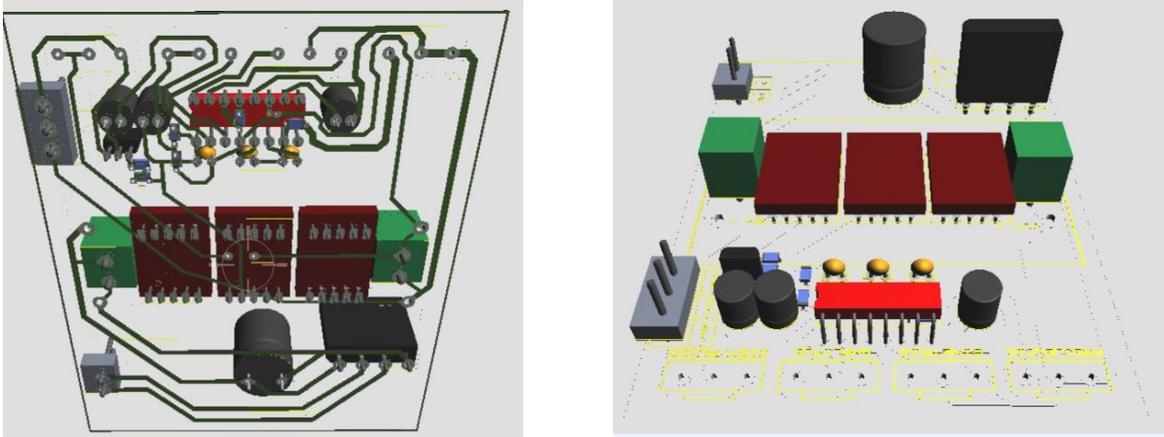


Figura V.50 Diseño Del Jammer en 3D⁶⁶

Como se muestra en la imagen V.50 podemos observar la parte posterior de cómo esta hecho dicha conexión.

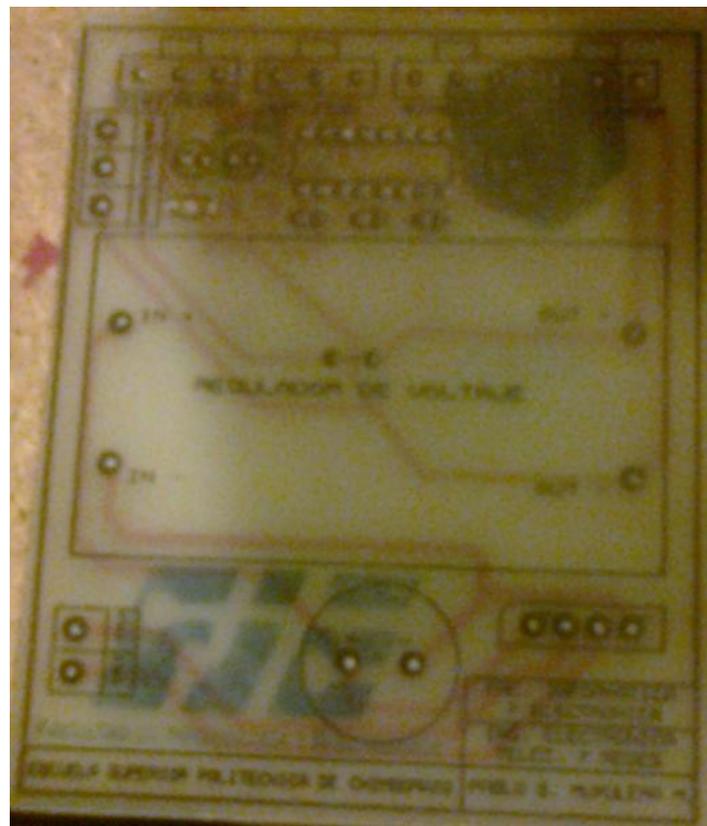


Figura V.51 Placa Impresa Para Los Elementos Requeridos⁶⁷

⁶⁶ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

Como se muestra en la figura antes mencionada está impreso el circuito listo para empezar a soldar los elementos necesarios a continuación empezamos los primeros elementos como se muestra en la figura V.52



Figura V.52 Elementos Principales Del Circuito⁶⁸

Como podemos observar en la figura anterior podemos apreciar que ya están soldados los elementos principales como son XR2206, 2N2222, etc. y como se puede observar como facilidad para regular y observar el voltaje introducido al circuito hemos creído conveniente utilizar un regulador de voltaje con multímetro incluido.

⁶⁷ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁶⁸ Fuente: Pablo S. Muyulema M.



Figura V.53 Regulador de voltaje con multímetro incluido⁶⁹

Obteniendo como resultado el circuito deseado como se mencionó en el texto antes elaborado con sus diferentes procesos y cada uno de ellos con su respectiva actividad. Como se muestra en la figura V.53

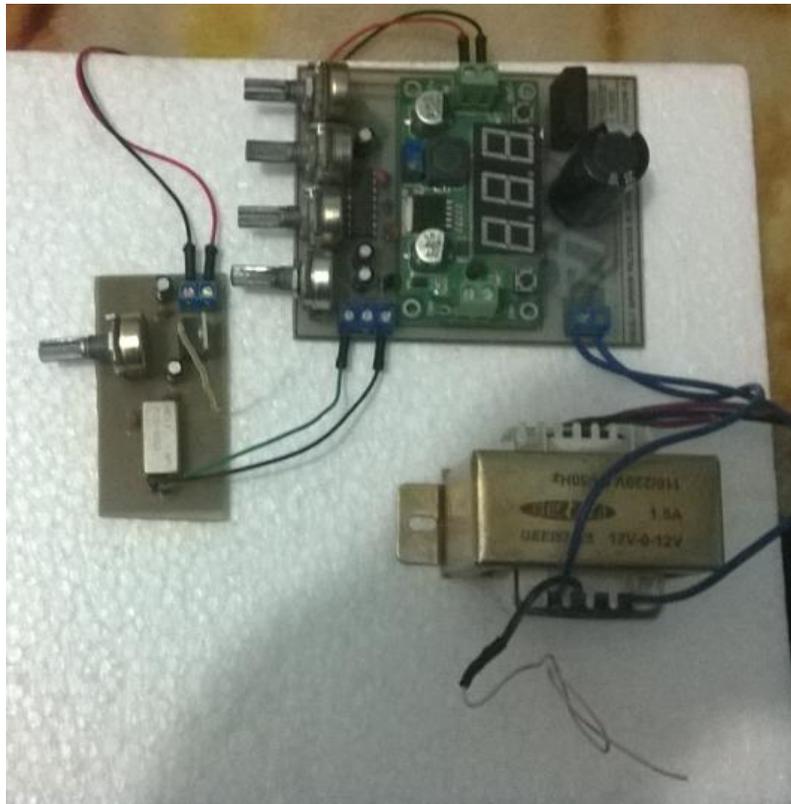


Figura V.54 Circuito Terminado del Jammer⁷⁰

⁶⁹ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁷⁰ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

5.2 Evaluación de los dispositivos

Para realizar la evaluación de los dispositivos lo realizamos por partes para verificar si cada proceso se lo está realizando de la manera adecuada, de esta manera al momento de armar el jammer completo no de complicaciones y no tengamos inconvenientes. La parte a ser analizada fue la parte de oscilación y posterior lo más importante como es la RF, para esto se lo realizo utilizando un VCO para frecuencias de Celulares como es POS 1060, ROS 1900, JTOS 2000, cada una de estos con diferentes características pero con el mismo fin y difíciles de encontrar en el país por lo que fue complicado conseguir para el desarrollo, por lo que se realizó con el POS 1060.

Como se menciona anteriormente esta realizado en procesos lo principal y lo esencial es la RF del inhibidor ya que esta permite bloquear la señal del inhibidor tal y como lo requerimos como podemos observar en la figura V.3 realizamos pruebas con un osciloscopio TX2960, ya que este equipo nos facilita la escuela de Ingeniería Electrónica.

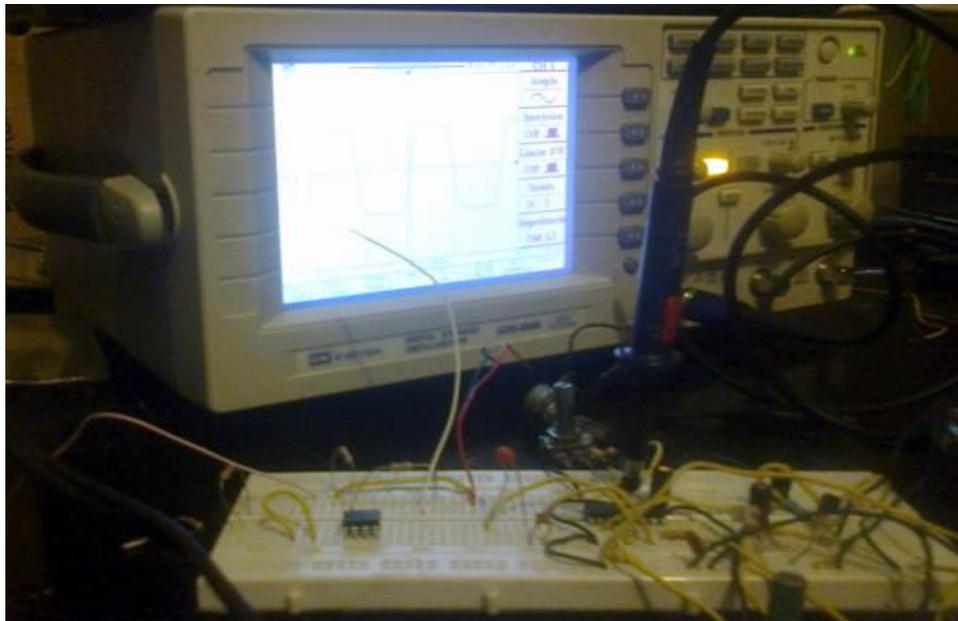


Figura V.55 Onda Cuadrada Utilizando El Osciloscopio⁷¹

La medición la realizamos a la salida del transistor, ya que es la etapa donde nos muestra la señal triangular ya acondicionada para proporcionar los niveles de voltaje adecuados, para que el VCO realice la función de Barrido de la señal de celular.

Para evaluar esta sección, se engloban, las secciones anteriores antes mencionadas, para la salida del transistor, obtener los resultados requeridos, la fuente de alimentación debe suministrar el voltaje adecuado tanto para XR2206, como para el resto de elementos del circuito, ya que el XR2206 se encarga de generar la señal triangular, la que nos permitirá dar una señal adecuada para ser introducida en el VCO, y este último realice su función adecuada, es decir el barrido de la señal, de tal manera al realizar las evaluaciones, cambios de mediciones se obtuvieron los resultados mostrados en la figura V.3.

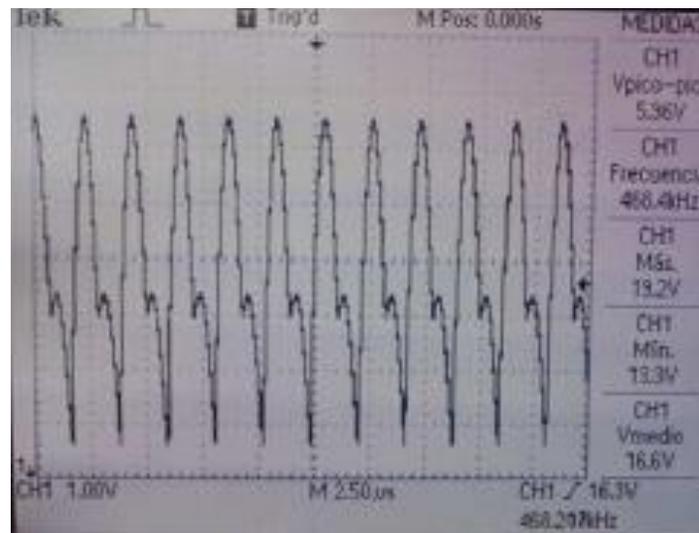


Figura V.56 Medición a la salida del Transistor 2N2222⁷²

A continuación realizamos una tabla con los resultados de la sección de oscilación.

⁷¹ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁷² Fuente: Pablo S. Muyulema M.

Tabla V.XVII Sección de Oscilación⁷³

VOLTAJE DE OFFSET			FRECUENCIA DE OPERACIÓN	VOLTAJE PICO-PICO(p-p)
Vmax	Vmedio	Vmin		
16,6	19,2	13,3	468,4 KHz	5,96 V

5.2.1 Sección RF

Una de las partes más importantes es la sección RF a continuación se mostrara la Figura V.57 que nos indica el circuito del mismo.

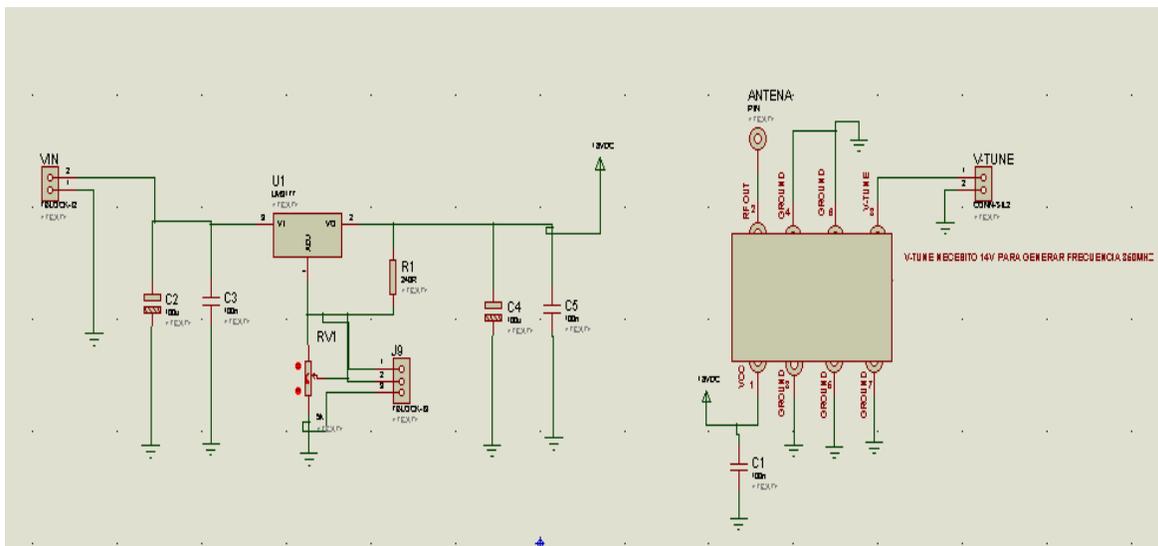


Figura V.57 Circuito de la sección RF.⁷⁴

A continuación se muestra una imagen realizada en 3D.

⁷³ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁷⁴ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

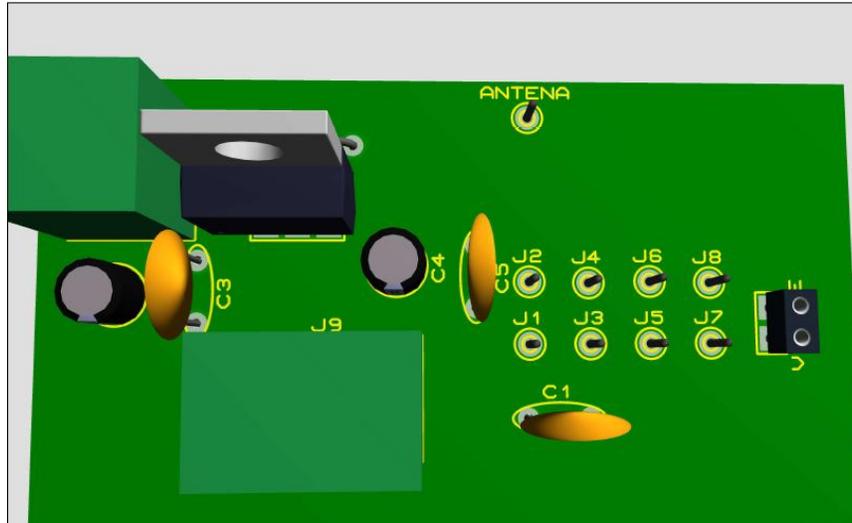


Figura V.58 Circuito de la sección RF en 3D.⁷⁵

Para realizar la prueba de la sección RF, se utilizó un analizador de espectros marca ANRITSU modelo MS2724C, ya que este equipo nos facilitó la Escuela de Ingeniería Electrónica. Los resultados obtenidos podemos observar en la figura V.58, de tal forma la parte de oscilación también se pudo ver sus resultados.

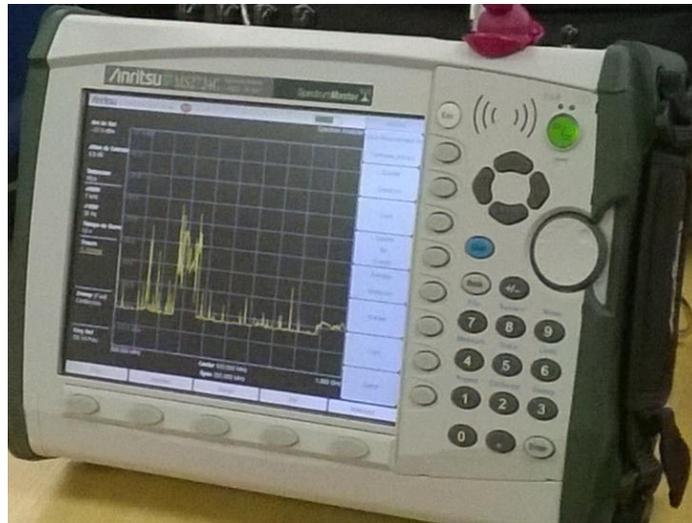


Figura V.59 Medición de Frecuencias 850-1060⁷⁶

⁷⁵ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁷⁶ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

Tabla V.XVIII Resultados Obtenidos de la Medición Sección RF⁷⁷

ESPECTRO DE FRECUENCIA OCUPADO		POTENCIA DE SALIDA DEL CIRCUITO
Fmax	Fmin	
850 mHz	1060 MHz	10 dbm

La tabla V.18 nos muestra en que rango de espectro es cubierto por el jammer es satisfactorio ya que abarca toda la banda de los 875 a 1060 MHz sobre la cual trabajan los sistemas 2G y 2.5G, haciendo excepción para los celulares de telefonía CNT, ya que estos están en la Frecuencia de los 1900 MHz y es imposible inhibir la señal de estos equipos, que se encuentran en estas bandas, lo que sí se puede realizar es en trabajos a futuro y con elementos adecuados para este requerimiento.

Lo que podemos observar en la imagen V.60 es como afecta el inhibidor a la señal emitida por el celular al momento de ser encendida y puesta en funcionamiento.



Figura V.60 Jammer Encendido y Barrido de Frecuencia.⁷⁸

⁷⁷ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

⁷⁸ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS PARA CELULARES 2G Y 2.5G

Las mediciones se realizaron en un cuarto de 4 m de largo y 4 m de ancho, teniendo como obstáculo un percha en el centro para ver la capacidad de inhibición del jammer, para las pruebas tomamos varios tipos de celulares pero en especial con características especiales en frecuencia que estén sobre los 850 MHz, para lo requerido como ejemplo pongo algunas marcas y modelos que se utilizó para las pruebas: Samsung GT-E1086i, Nokia 5310 Xpress Music, Nokia Asha 311 y otros más.

Tabla V.XIX Tiempo de Respuesta del Jammer⁷⁹

CELULAR	JAMMER ENCENDIDO	JAMMER APAGADO	FUERA DE LA COBERTURA DEL JAMMER
	BLOQUEO	RECUPERACION DE LA SEÑAL	RECUPERACION DE LA SEÑAL
Samsung GT-E1086i	20 s	10 s	10 s
Nokia 5310 Xpress Music	26 s	10s	15s
Nokia Asha 311	15 s	15 s	10 s

Los tiempos de respuesta del jammer como se muestra en la Tabla V.III realizamos un tiempo estipulado o promedio es de 20 seg cuando el dispositivo esta encendido y aproximadamente tarda unos 10 segundo a lo máximo para recuperar la señal, tomando en cuenta que esto no afecta o daña el equipo móvil.

5.3.1 Jammer Apagado (off)

Vamos a demostrar el funcionamiento del jammer utilizando dos celulares Samsung y Nokia, con tecnologías de 2G Y 2.5G, con celulares dentro de la banda de frecuencia de los 850 1060 MHZ, se mostrara el antes y después del encendido.

⁷⁹ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

En la Figura V.61 se muestran los dos celulares que trabajan normalmente con cobertura Movistar y Claro, a continuación demostramos los celulares.



Figura V.61 Funcionamiento de los Celulares con el Jammer Apagado⁸⁰

Una vez comprobado que los celulares tienen un funcionamiento normal, procedemos a encender el Jammer comprobando que inmediatamente se pierde la señal de los mismos llegando al objetivo planteado por nuestra hipótesis como se muestra en la figura V.62

⁸⁰ Fuente: Pablo S. Muyulema M.



Figura V.62 Funcionamiento de los Celulares con el Jammer Encendido⁸¹

Los resultados de la Figura V.11 nos muestran que está bloqueada totalmente la señal del celular y dejando solo como llamadas de emergencia, observando las imágenes que se realizó el día martes 04 de Noviembre a las 17:59 llegando así al resultado requerido y con éxito.

5.3.2 Área de Cobertura

La distancia lograda por el Jammer es de 3 m, dependiendo de la capacidad de la antena y el VCO utilizado para su desarrollo, estas pruebas se realizaron en un salón de clase de la EIE-TR de la ESPOCH. El proceso fue el siguiente:

- ❖ Colocamos el jammer en el centro del aula.
- ❖ Se ubicó los teléfonos alrededor del mismo, en ese momento se procedió a encender el jammer,

⁸¹ Fuente: Pablo S. Muyulema M.

- ❖ Los celulares perdieron la señal celular al momento empezamos alejarlos del jammer para observar la capacidad y potencia del mismo.

5.4 PROYECCION PARA CELULARES 3G Y 3.5G

Las condiciones de trabajo para realizar las mediciones para celulares que son de 3G y 3.5G, con frecuencias que son de los 1900 MHz, se lo debe realizar con elementos que sean adecuados para el requerimiento y tomando en cuenta que la telefónica CNT está en los rangos antes mencionados.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los objetivos planteados y los resultados obtenidos, así como los diferentes parámetros, tanto teóricos como prácticos realizados en el transcurso del proyecto podemos sacar como conclusiones lo siguiente:

- ❖ Satisfactoriamente fue cubierto el objetivo planteado por mi hipótesis, ya que de acuerdo con lo planificado en el transcurso del proyecto podemos decir que se pudo inhibir la señal del servicio móvil avanzado (SMA).
- ❖ Jammer fue diseñado para cubrir la banda celular establecida por la norma Ecuatoriana que es desde los 800 Mhz hasta 1900 Mhz, tomando en cuenta, que se tuvo inconvenientes al bloquear los teléfonos del servicio de telefonía móvil (SMA), que están en la frecuencia de los 1900 Mhz, por falta de equipo que no lo hay en el país. Ya que existe diferentes sistemas como (CDMA o GSM) operando en diferentes bandas del radioeléctrico alrededor del mundo como son las bandas de los celulares: 800, 900, 1800 y 1900 Mhz, en Ecuador para telefonía celular, solo están permitidas utilizar las banda 800, 900,1900, ya que las diferentes operadoras en Ecuador utilizan estas bandas.
- ❖ El desarrollo del dispositivo respecto a la parte teórica fue compleja debido a la poca información de su existencia y falta de materiales en el país para la realización del dispositivo, ya que no es nada fácil intervenir en los sistemas de transmisión y recepción de las comunicaciones celulares.

Aunque mi objetivo fue enfocado hacia seguridad, bienestar y porque no ayuda a mi querida Escuela, para las reuniones de trabajo y planificación.

- ❖ Después de haber analizado los distintos tipos de jamming utilizamos el jamming por barrido ya que este es ideal para un sistema de telefonía móvil. Podemos decir que el jammer se compone por seis etapas mencionadas en los capítulos anteriores todas estas realizan una función específica en el proyecto.
- ❖ Lo más importante dentro del trascurso y elaboración del jammer es que debemos tomar en cuenta la sección RF, la amplificación de potencia, y la ganancia de la antena ya que estos tres elementos son los más importantes, ya que nos ayudaran a cumplir con el objetivo propuesto.
- ❖ En la actualidad la ley de comunicaciones y los reglamentos de telefonía móvil en el Ecuador no contemplan el uso de bloqueadores de señal celular en lugares no permitidos o establecidos. Desde el punto de vista es necesario implementar estos dispositivos y legalizar ya que ayudaría a la ciudadanía de una manera útil.
- ❖ Tal como se mencionó anteriormente no se pudo inhibir los celulares que están en la Frecuencia de los 1900 MHz, por falta de elementos que son destinados para el requerimiento antes mencionado.

RECOMENDACIONES

- ❖ Es muy recomendable hacer un estudio técnico de la existencia de los materiales a usar en este proyecto ya que hay poca información para la realización de este jammer, por lo que se recomienda tener en cuenta el más mínimo detalle antes de la implementación ya que si se cambia un material o tratar de acoplar cambia toda la realización del proyecto.
- ❖ Debemos tener en cuenta que la ley prohíbe la interferencia de señales, es por eso que se debe mencionar que cualquier persona que va implementar está incurriendo en una actividad penada por la ley Ecuatoriana, sin embargo se puede colocar estos jammer en todo lugar siempre y cuando sean homologados por los siguientes organismos como son la SUPERTEL Y CONATEL.
- ❖ Se puede Reducir el tamaño del Jammer realizando en una sola placa todo el equipo ya que tuve que realizarle por partes para comprobar cada funcionamiento y no tener problemas al momento de su acople.
- ❖ Incrementar el ancho de barrido para poder bloquear los celulares que están en frecuencias de los 1900 MHz, en este caso los de telefonía CNT, con un VCO que este dentro de este rango como por ejemplo el JTOS 2000 o el ROS 1900.
- ❖ Es recomendable, para diseñar equipos electrónicos se considere siempre el peor de los casos, de tal forma que la operatividad del equipo sea exitosa.
- ❖ El dispositivo podría modificarse agregándole un VCO para bloquear frecuencias altas de 3G y 3.5G, para trabajos a futuro y llevando la misma técnica.

RESUMEN

El Estudio Técnico, Diseño e implementación de un dispositivo inhibidor de señales del servicio móvil avanzado (SMA). Permite inhibir la red de telefonía celular, con el fin de garantizar la seguridad y privacidad de personas en lugares públicos o privados en este caso un salón de clase Escuela Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes (EIE-TR).

En el desarrollo del proyecto se presenta los conceptos teóricos globales concernientes a la radiofrecuencia, utilizamos el método experimental ya que nos permite investigar con exactitud, profundidad y rapidez, que el método de observación. Aplicando este método llegamos a obtener resultados técnicos de capacidad y alcance que puede inhibir el dispositivo. Este método me sirvió para resolver mi hipótesis verificando de manera exacta el área de interferencia que vamos a producir. Posteriormente se realiza un análisis entre las distintas técnicas de jamming y diferentes tipos de jammers como: Jamming por ruido, distancia, interferencia, etc, con el fin de elegir la mejor opción para la aplicación.

En la parte del diseño se muestra un desarrollo por etapas, como: Sección de Oscilación, RF, Antena, con su correspondiente simulación, utilizando implementos como **POS 1060** para la RF del circuito, **transistor 2N2222** el cual nos permitió una vez elegidos la técnica de jamming y dispositivos electrónicos ideales para la construcción del módulo inhibidor.

El dispositivo abarca la parte de un generador de funciones y al área de cobertura efectiva para el servicio de telefonía móvil avanzado (SMA). El jammer construido opera exitosamente de uno a un metro y medio alrededor del salón de clase (EIE-TR), teniendo una duración de 4 horas por motivo de batería o alimentación del circuito y con un 100% de efectividad y priva completamente la unidad móvil la señal proveniente de la operadora.

Como conclusión y recomendación podemos decir que la fabricación del inhibidor, logra anularla señal de dispositivos móviles mediante la generación de una señal interferente, la cual no dañara el teléfono celular bajo ningún concepto, y como recomendación los estudiantes o personas interesadas en el tema y querer mejorar es verificar la existencia de los integrados para resolver el tema propuesto.

SUMMARY

The Technical study, Design and implementation of an inhibitory signal device of advanced mobile service (AMS). Allows inhibiting the cellular networks, in order to ensure the security and privacy of individuals in public or private places in this case a classroom Electronics Engineering School in Telecommunication and Networks (EES-TN).

In The project development we present the global theoretical concept concerning the radiofrequency, the experimental method was used because it allows us to investigate more exactly, deeply, and rapidly than the observation method. By applying this method we got to obtain technical result of range and capacity than can inhibit the device. This method helped me to solve my hypothesis by checking accurately the interference area that we are going to produce. Subsequently, an analysis is performed between the different jamming techniques and different kind of jammers such as: jamming for noise, distance, interference, etc, in order to choose the best option for the application.

In the part of the design is shown a phased development, such as: oscillation section, RF, antenna, with the corresponding simulation by using tools such as: POS 1060 for the RF circuit, 2N2222 transistor which allowed us to elect the jamming technique and ideal electronic devices for the construction of the inhibitor module.

The device comprises the part of a function generator and the effective coverage area for advanced mobile phone service (AMS). The built successful operates from one to one and half meters around the classroom (EES-TN), by having a permanence of 4 hours because of battery or feed circuit and 100% effectiveness; it also deprives completely the mobile unit from the operator.

As a conclusion and recommendation we can say that the manufacture of the inhibitor achieves to void the cell phone signal devices by generating an interfering signal, which does not damage the cell phone under any circumstances, and recommendation students or people who are interested in the topic can verify the existence of the integrated circuits for solving the proposed topic.

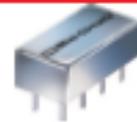
ANEXOS

❖ DATASHEET INTEGRADO 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 set top converters
- agile communications systems
- test instruments

+RoHS Compliant
The +RoHS denotes RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance methodology and qualifications.

Electrical Specifications

FREQUENCY (MHz)		POWER OUTPUT (dBm)	TUNING VOLTAGE (V)		PHASE NOISE (dBc/Hz)				PULLING (MHz/V)	PUSHING (MHz/V)	TUNING SENSITIVITY (MHz/V)	HARMONICS (dBc)		3 dB MODULATION BANDWIDTH (MHz)	DC OPERATING POWER	
Min.	Max.	Typ.	Min.	Max.	0dB at offset frequencies: Typ.				Typ.	Typ.	Typ.	Typ.	Max.	Typ.	Vcc (mA)	Current (mA) Max.
750	1060	+22.0	1	20	-65	-90	-112	-132	50	3.0	15-32	-11	—	1.0	8	30

Pin Connections

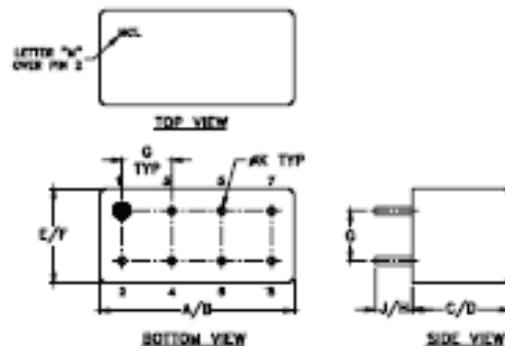
RF OUT	2
VCC	1
V-TUNE	8
GROUND	3,4,5,6,7
CASE GROUND	3,4,5,6,7

Maximum Ratings

Operating Temperature	-55°C to 85°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
Absolute Max. Supply Voltage (Vcc)	+10V
Absolute Max. Tuning Voltage (Vtune)	+32V

all specifications: 50 ohm system
permanent damage may occur if any or more limits are exceeded.

Outline Drawing

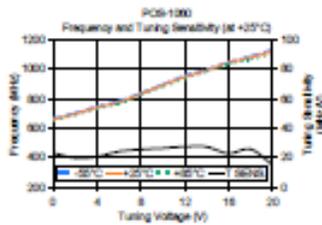


Outline Dimensions (inch)

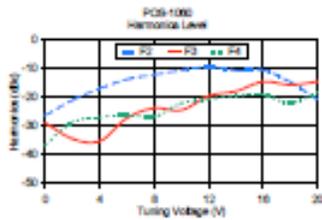
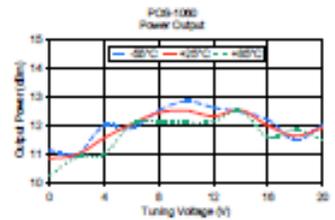
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	W
.770	.800	.356	.310	.370	.400	.200	.20	.14	.051	max
19.660	20.32	9.088	7.874	9.398	10.16	5.08	5.08	3.668	1.2976	0.2

Performance Curves

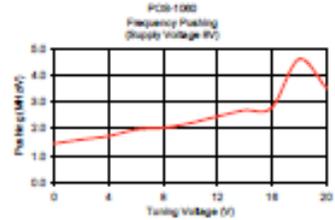
POS-1060



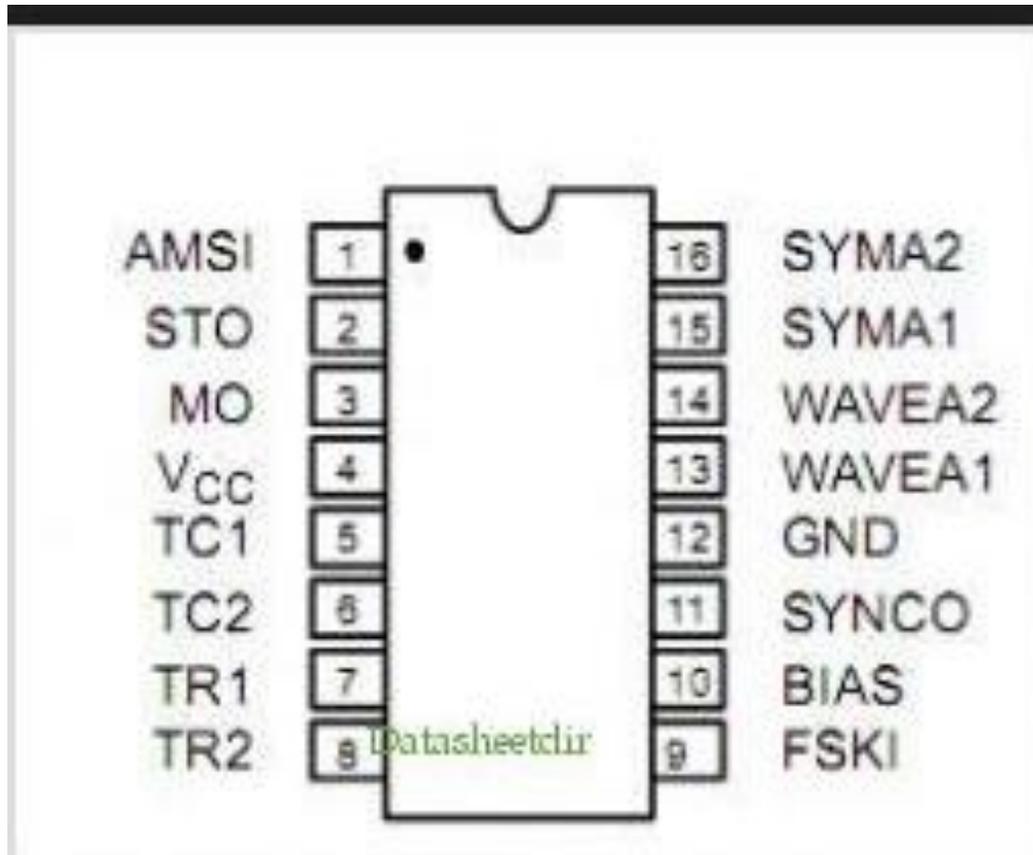
V TUNE	TUNING SENS. (MHz/V)	FREQUENCY (MHz)			POWER OUTPUT (dBm)		
		-55°C	+25°C	+85°C	-55°C	+25°C	+85°C
0.0	23.3	807.9	860.1	892.4	11.1	10.8	10.2
2.0	19.9	725.7	787.8	830.8	10.9	10.9	10.9
4.0	20.7	749.1	741.3	732.1	12.0	11.5	11.0
6.0	24.3	786.4	777.5	770.0	11.9	12.0	12.0
8.0	25.8	841.5	833.8	826.9	12.5	12.4	12.1
10.0	28.8	901.1	880.7	884.1	12.8	12.5	12.1
12.0	27.8	959.4	946.3	938.4	12.6	12.3	12.1
14.0	27.4	1002.4	994.5	988.8	12.4	12.5	12.5
16.0	23.00	1052.0	1046.3	1037.3	12.2	12.0	11.8
18.0	25.8	1092.7	1083.0	1087.8	11.4	11.8	11.8
20.0	14.9	1138.0	1124.1	1108.0	12.0	11.9	11.4



V TUNE	HARMONICS (dBc)			FREQ. PUSHING (MHz)
	F2	F3	F4	
0.0	-26.4	-28.9	-26.7	1.46
2.0	-21.1	-24.5	-28.8	1.80
4.0	-17.1	-25.3	-27.1	1.73
6.0	-13.9	-27.3	-26.3	1.87
8.0	-12.3	-23.9	-26.9	2.04
10.0	-10.8	-24.5	-22.2	2.21
12.0	-8.6	-19.7	-20.9	2.46
14.0	-10.8	-17.9	-19.5	2.89
16.0	-10.7	-14.7	-19.2	2.79
18.0	-14.8	-15.8	-22.1	4.09
20.0	-20.9	-14.7	-18.4	3.52



❖ INTEGRADO XR-2206



BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **BOYLESTAD., N.**, Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos 3a ed ., Nueva York., Estados Unidos., Paraninfo., 2002.
Pp. 22, 23, 52, 53, 54, 101, 102, 103, 200, 201.

- 2.- **COUGHLIN., F.**, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. 3a ed., Mexico. Distrito Federal., Londres Sidney., Prentice Hall, 2001.
Pp. 11, 15,16,45,46,112,113,180,181.

3. - **DOBLE., J.**, Introduction to Radio Propagation for Fixel and Mobile Communications Norwood., 4a ed., Canada., Toronto., Artech House., 1996.
Pp. 10,11,10,61,62,63,91,92,172,173,201.

4. - **FRIED., L.**, Social Defense Mechanism., Tools for Reclaiming our Personal Space., 3a ed., New York., Massachusetts.,Printece Hall., 2005.,
Pp. 32,33,58,61,62,120,121,174,175,177,201.

5. - **IN, JONATHAN.** Analysis and Design of a Frequency-Hopped Spread Spectrum Transceiver for Wireless Personal Communications.Min., 4ta ed., Madrid., España., Artech House., 1996.
Pp 8,9,10,17,19,56,61,62,78,79,89,90,140,141,142,167,168.

- 6.- **TOMASI. W.**, Electronic Communications Systems., 8va ed., New Jersey., Estados Unidos., Prentice Hall., 2001.
Pp. 5,6,28,29,30,88,89,90,145,146,160,161172,173.

- 7.- **WILLIAM., H.**, Teoría Electromagnética., 1ra ed., Mc Graw Hill., México., Distrito

Federal., Artech House., 2006.

Pp. 11,12,16,17,28,29,46,47,48,104,105,125,126,180,181.

INTERNET

8.- INICIOS DE LA ELECTRÓNICA

<http://www.revistamarina.cl/revistas/2000/1/parker.pdf>

2012-07-25

2013-08-18

9.- JAMMERS PCS

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sanchez_i_d/ 2008-06-

10.

2013-10-20

10.- TÉCNICAS DE RF Y MICROONDA

http://docentes.uacj.mx/vhinostr/cursos/tecnicas_rt/capitulo_IV.doc 2010-08-10

2013-10-22

11.- OMNIDIRECCIONAL PLANAR ANTENAS FOR PCS-BAND APPLICATIONS USING FIBERGLASS SUBSTRATES

<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org.Decision=-203>

2013-11-04

12.- ORCAD CAPTURE 9.2.3

[Cadense Desing Systems., Inc., 2002.](#)

2013-11-11