



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN

TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA
DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS EN LA BANDA
DE FRECUENCIA MODULADA”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por:

**ALEX MARCELO LOGROÑO SALAZAR
DARWIN EDUARDO PARREÑO COELLO**

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

Quiero agradecer, A mis padres, por su sacrificio y comprensión, quienes me supieron dar el apoyo económico y moral, para alcanzar este objetivo.

A mis Abuelitos quienes siempre fueron un pilar fundamental en mi vida y que me hubiese gustado que estén presentes en estos momentos.

A toda mi familia que estuvo presente en todos los momentos compartiendo esta etapa importante de mi carrera.

A mis amigos con los cuales he compartido agradables momentos a lo largo de este camino de los cuales guardo gratos recuerdos.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica por haber depositado en mí todos sus conocimientos. En especial a la Ing. Verónica Mora, por su apoyo incondicional y desinteresado en el desarrollo de esta tesis, sin su ayuda no hubiese sido posible la culminación de la misma.

Alex

Dedico este trabajo a DIOS por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi familia quienes fueron testigos de toda mi vida gracias por apoyarme en todos mis pasos y estar ahí cuando más los necesitaba.

A mis amigos por hacer esta vida politécnica más agradable.

A los profes de la Escuela de Ingeniería Electrónica por aportar con sus conocimientos, tiempo, paciencia y su experiencia en especial a la Ing. Verónica Mora por su ayuda y colaboración en la finalización de esta investigación.

Darwin

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Gonzalo Samaniego		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
DIRECTOR DE ESCUELA ING. EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Verónica Mora		
DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Jorge Yuquilema		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____

NOTA DE LA TESIS: _____

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

“Nosotros, Darwin Eduardo Parreño Coello y Alex Marcelo Logroño Salazar, somos responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.”

Darwin Eduardo Parreño Coello

Alex Marcelo Logroño Salazar

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
2D	Dos Dimensiones
AB	Ancho de Banda
AF	Audio Frecuencia
AM	Amplitud Modulada
BLU	Banda Lateral Única
BLV	Banda Lateral Vestigial
CCIR	Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones
CCITT	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
CSV	Comma Separated Values (Tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla)
DSB-FC	Double Side Band Full Carrier (Doble banda lateral con portadora de máxima potencia)
DSB-SC	Double Side Band Suppressed Carrier (Doble banda lateral con portadora suprimida)
DSP	Digital Signal Processors (Procesadores de señales digitales)
EIE-TR	Escuela de Ingeniería Electrónica de Telecomunicaciones y Redes
EMI	Electromagnetic Interference (Interferencia electromagnética)
EMP	Electromagnetic Pulse (Pulso Electromagnético)
FM	Frecuencia Modulada
IA	Inteligencia Artificial
ITU	International Telecommunication Union

MINTEL	Ministerio de Telecomunicaciones
OBW	Occupied Bandwidth (Ancho de banda ocupado)
OC	Onda Corta
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PLL	Phase-Locked Loop (Lazo de seguimiento de fase)
RF	Radio Frecuencia
RFI	Radio Frequency Interference (Interferencia de radio frecuencia)
ROE	Relación de Ondas Estacionarias
SENATEL	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
SSB-SC	Single Side Band Suppressed Carrier (Banda lateral única con portadora suprimida)
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UIT-D	Unión Internacional de Telecomunicacione Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones
UIT-R	Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
VCO	Voltage-controlled oscillator (Oscilador controlado por tensión)

ÍNDICE

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FÓRMULAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS	20
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.5. HIPÓTESIS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANÁLISIS REGULATORIO	21
2.1.1. Organismos Internacionales de Regulación de Telecomunicaciones	21
2.1.2. Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones en el Ecuador	22
2.1.3. Derecho sobre el Espectro Radioeléctrico	23
2.1.4. Organismos de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en el Ecuador	24

2.1.5.	MINTEL.....	24
2.1.6.	CONATEL.....	25
2.1.7.	SENATEL	26
2.1.8.	SUPERTEL.....	27
2.1.9.	División del Espectro Radioeléctrico	28
2.1.10.	Legislación sobre la concesión de frecuencias	29
2.1.11.	Ley de Radiodifusión y Televisión	31
2.1.12.	Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica.....	31
2.2.	RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR.....	33
2.2.1.	Introducción	33
2.2.2.	Radiodifusión Analógica.....	34
2.2.3.	Espectro Radioeléctrico	34
2.2.4.	Banda de frecuencias	35
2.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN CON RESPECTO AL RANGO DE FRECUENCIAS	37
2.3.1.	Estaciones de Onda Media	37
2.3.2.	Estaciones de Onda Corta	37
2.3.3.	Estaciones de Frecuencia Modulada (FM)	39
2.4.	PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	39
2.4.1.	Propagación de ondas ionosféricas o celestes.....	39
2.4.2.	Propagación por Onda de Superficie.....	40
2.4.3.	Propagación por Onda de Espacio o Troposférica	42
2.5.	SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR	42
2.5.1.	Radiodifusión FM.....	43
2.5.2.	Propagación FM.....	45
2.5.3.	Potencia de Transmisores FM.....	45
2.5.4.	Transmisor FM.....	50
2.5.5.	Transmisor de radio FM estéreo	51
2.5.6.	Características técnicas de la radiodifusión FM	52
2.6.	SITUACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ACTUAL EN RIOBAMBA.....	56
2.6.1.	Introducción	56

2.6.2.	Frecuencias Asignadas en Riobamba	57
2.7.	INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI)	58
2.7.1.	Introducción	58
2.7.2.	Fuentes de Interferencia	60
2.8.	TIPOS DE INTERFERENCIAS	65
2.8.1.	Interferencia de Radio Frecuencia	66
2.8.4.	Interferencia Eléctrica	73
2.8.5.	Intermodulación	79
2.8.6.	Diferencia entre Ruido e Interferencia	83
2.9.	INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INTELIGENTES ARTIFICIALES	83
2.9.1.	Definición de Sistema Inteligente Artificial	83
2.9.2.	Estructura de un Sistema Inteligente Artificial	86
2.9.3.	Fases de los Sistemas	86
2.9.4.	Objetivos Actuales del Sistema Inteligente	86

CAPÍTULO III

MARCO PROPOSITIVO

3.1.	ANÁLISIS DE LA SITUACION INICIAL	87
3.2.	MEDICIONES Y EQUIPOS UTILIZADOS	88
3.2.1.	Transmisor FM	88
3.2.2.	Analizador de Espectros	90
3.2.3.	Conectores del Analizador de Espectro Anritsu Modelo MS2724C	91
3.2.4.	Pantalla típica del Analizador de Espectro Anritsu Modelo MS2724C	93
3.2.5.	Anritsu Master Software Tools	94
3.2.6.	Función “Frequency”	97
3.2.7.	Funcion “Span”	98
3.2.8.	Función “Amplitude”	100
3.2.9.	La función “Maker/Peak search”	101
3.2.10.	Función de Sweep Time (Tiempo de Barrido)	102
3.2.11.	Función “Max Hold”	103
3.2.12.	Interfaces de usuario con Matlab	109
3.2.13.	Interface Gráfico de MatLab – GUIDE	110

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

4.1.	ESTABLECIMIENTO DE HARDWARE Y SOFTWARE.....	120
4.1.1.	Transmisor	120
4.1.2.	Mediciones de interferencias en el analizador de espectro	121
4.1.3.	Medición Interferencia Cocanal.....	122
4.1.4.	Medición Interferencia Adyacente	124
4.1.5.	Medición interferencia por intermodulación	126
4.1.6.	Extracción de los datos medidos por el analizador de espectros.....	129
4.2.	DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE.....	132
4.3.	DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA	136
4.4.	RESULTADOS.....	139

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II.1 Mapa de Regiones Según la UIT	29
FIGURA II.2 Sistema de Transmisión.....	34
FIGURA II.3 Frecuencias del Espectro Radioeléctrico	36
FIGURA II.4. Propagación por onda Ionosférica.....	40
FIGURA II.5. Bandas de frecuencia en propagación por onda de superficie	41
FIGURA II.6. Propagación por onda de Superficie	41
FIGURA II.7. Propagación por onda de Espacio o Troposférica.....	42
FIGURA II.9 Señal Moduladora FM.....	48
FIGURA II.10 Señal Portadora FM.....	48
FIGURA II.11 Señal Modulada FM.....	49
FIGURA II.12. Diagrama de bloques de un transmisor FM con PLL.....	50
FIGURA II.13 Diagrama de bloques de un demodulador FM con PLL.....	51
FIGURA II.15 Diagrama de bloques de un transmisor de radio FM estéreo	52
FIGURA II.16. Ubicación de las Estaciones de Radio en la Ciudad de Riobamba.....	56
FIGURA II.17 Distribución espectral del ruido electromagnético celestial	61
FIGURA II.18 Ejemplo No 1 de Interferencia Cocanal	71
FIGURA II.19 Ejemplo No 2 de Interferencia Cocanal	71
FIGURA II.20 Ejemplo No 1 de Interferencia Adyacente	72
FIGURA II.21 Ejemplo No 2 de Interferencia Adyacente	73
FIGURA II.20 Frecuencia de Enlace	81
FIGURA II.21 Espuria no controlada	81
FIGURA II.22 Producto de Intermodulación 1.....	82
FIGURA II.23 Producto de Intermodulación 2.....	82
FIGURA II.24 Estructura de un Sistema Artificial.....	86

FIGURA III.1 Estructura Externa del Transmisor FM	89
FIGURA III.2 Estructura Interna del Transmisor FM	89
FIGURA III.4 Analizador de Espectros Anritsu MS2724C.....	91
FIGURA III.5 Conectores del Analizador de Espectro Anritsu MS2724C.....	91
FIGURA III.6 Panel de Conectores del Analizador de Espectro Anritsu MS2724C.....	92
FIGURA III.7 Pantalla del Analizador de Espectro Anritsu MS2724C	93
FIGURA III.9 Conexión PC y Analizador de Espectro Anritsu MS2724C	96
FIGURA III.10 Anritsu Master Software Tools	96
FIGURA III.11 Ventana con la Información de Mediciones	97
FIGURA III.12 Menú de Función Frequency.....	98
FIGURA III.13 Menú de la función SPAN	99
FIGURA III.14 Ingreso de datos para la función Frequency y Span.....	99
FIGURA III.15 Menú de la función Amplitude	100
FIGURA III.16 Menú de la Función Marker.....	102
FIGURA III.17 Menú de Función Sweep Time.....	103
FIGURA III.18 Menú de la Función Trace.....	104
FIGURA III.19 Guardar los datos Excel con formato CSV	105
FIGURA III.20 Datos del Trazo A	106
FIGURA III.21 Convertir Texto en Columnas paso 1	107
FIGURA III.22 Convertir Texto en Columnas paso 2	107
FIGURA III.23 Convertir Texto en Columnas paso 3	108
FIGURA III.24 Datos separados en columnas.....	109
FIGURA III.25 Icono GUIDE.....	111
FIGURA III.26 Ventana de inicio GUIDE	112
FIGURA III.27 Entorno de diseño	113

FIGURA III.28 Herramientas de la interfaz gráfica.....	114
FIGURA III.29 Entorno de diseño GUI. Componentes etiquetadas.....	114
FIGURA IV.1 Transmisores FM de 20mW.....	121
FIGURA IV.2 Interferencias de Transmisores.....	121
FIGURA IV.3 Transmisores Encendidos para Interferencia Cocanal.....	122
FIGURA IV.4 Ambiente de Pruebas para Interferencia Cocanal.....	123
FIGURA IV.5 Pantalla del software Master Tools con Interferencia Cocanal.....	123
FIGURA IV.6 Transmisores Encendidos para Interferencia Adyacente.....	124
FIGURA IV.7 Ambiente de Prueba para Interferencia Adyacente.....	125
FIGURA IV.8 Pantalla del software Master Tools con Interferencia Adyacente.....	125
FIGURA IV.9 Transmisores Encendidos para interferencia por Intermodulación.....	127
FIGURA IV.10 Ambiente de Prueba para Interferencia por Intermodulación.....	127
FIGURA IV.13 Extracción de Datos mediante cable USB.....	129
FIGURA IV.14 Interferencia analizada en el Software Master Tools.....	130
FIGURA IV.18 Ingreso de los datos de la interferencia en el Command Window.....	134
FIGURA IV.19 Resultado del análisis de la interferencia.....	135
FIGURA IV.20 Pantalla inicial del sistema inteligente.....	136
FIGURA IV.21 Pantalla con el tipo de interferencias del sistema inteligente.....	137
FIGURA IV.22 Pantalla con los resultados analizados del sistema inteligente.....	138
FIGURA IV.23 Ancho de Banda de las Estaciones de Riobamba (I parte).....	142
FIGURA IV.24 Ancho de Banda de las Estaciones de Riobamba (II parte).....	143
FIGURA IV.25 Potencia de las Estaciones de la ciudad de Riobamba (I parte).....	146
FIGURA IV.26 Potencia de las Estaciones de la ciudad de Riobamba (II parte).....	147
FIGURA IV.28 Número de estaciones y tipo de interferencia encontradas en la simulación del Sistema Inteligente.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Espectro Completo de Frecuencias	36
Tabla II.II Bandas de Frecuencias en Onda Corta	38
Tabla II.III Potencia Máxima a la salida de un transmisor FM	53
Tabla II.IV Distancia mínima entre estaciones FM	54
Tabla II.V Estaciones de radiodifusión en FM en el Ecuador	55
Tabla II.VI Frecuencias Asignadas y Anchos de Banda de Operación en Riobamba	58
Tabla II.VII Niveles de intensidad de campo eléctrico de diferentes habitaciones	63
Tabla II.VIII Niveles de Intensidad de campo eléctrico de diferentes dispositivos	65
Tabla II.IX Frecuencias Fuente e Intermodulaciones	80
Tabla III.I Especificaciones Técnicas del Transmisor FM	90
Tabla III.II Descripción de los componentes	115
Tabla IV.I Frecuencias Fuente e Intermodulaciones	126
Tabla IV.II Medición de Ancho de Banda de las Estaciones de Riobamba	141
Tabla IV.III Medición de Potencia de las Estaciones de Riobamba	145

ÍNDICE DE FÓRMULAS

FÓRMULA II.1 Ancho de Banda FM	46
FÓRMULA II.2 Índice Modulación FM	47
FÓRMULA II.3 Ancho de Banda FM	49

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se plantea la necesidad de la EIET-R de contar con un Sistema Inteligente que permita identificar interferencias electromagnéticas en la banda FM, en el cual se diseñará un ambiente de pruebas para poder utilizar este sistema, además se anuncian los motivos por los que se ha desarrollado este presente trabajo, se detalla también los objetivos.

1.2. ANTECEDENTES

La radiodifusión en el Ecuador hace su aparición en 1925 gracias a un radioaficionado que construyó los equipos para que funcione la primera emisora

denominada Radio El Prado, operando en la frecuencia de 5 MHz, con un transmisor de 25kw, con emisiones máximas de 5 horas diarias, además no existía ningún tipo de regulación para el uso de las frecuencias.

En la actualidad la radiodifusión sonora en frecuencia modulada en el Ecuador ofrece programación musical, publicitaria, noticiosa, permitiendo que la información llegue a las diferentes ciudades, y hoy en día es el Estado Ecuatoriano que a través del MINTEL, del CONATEL, de la SENATEL, y de la SUPERTEL, coordina la concesión de frecuencias en base a las Leyes, Normas, Reglamentos para los diferentes servicios de telecomunicaciones, como es el caso del servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada analógica¹.

La Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes no se han llevado a cabo investigaciones en el área de detección de interferencias electromagnéticas en la banda FM, por lo que ésta investigación constituye un primer paso investigativo en dicho tema, que permite a futuro desarrollar mejoras y nuevos modelos, así como una herramienta de software compacta que integre todos los aportes hechos en diferentes investigaciones.

Surge la necesidad de desarrollar modelos de propagación adecuados que permitan predecir el comportamiento de las señales electromagnéticas y el nivel de potencia recibido en cualquier punto dentro de un entorno específico, lo cual brinda suficiente información para establecer la ubicación más adecuada de las radio bases para lograr un determinado rango de cobertura. De este modo se

¹ USBECK, W., Ecuador y las Comunicaciones, una historia compartida., Segunda Edición., 2010., Pp 75.

evitan tediosas campañas de medición a lo largo del edificio o área de interés, campañas que en muchas ocasiones simplemente no resultan ser una opción viable².

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes no posee un Sistema Inteligente mediante el cual se puedan realizar pruebas sobre interferencias electromagnéticas para la banda de Frecuencia Modulada, debido a que la EIETR no cuenta con la infraestructura tecnológica necesaria para desarrollar este tipo de investigación.

Es evidente que la EIETR necesita un Sistema Inteligente basado en software de alto nivel y lenguaje interactivo para realizar pruebas de detección de interferencias electromagnéticas que se producen en la banda de Frecuencia Modulada a través de un equipo de medición electrónica conocido como analizador de espectro. Y la construcción de prototipos de transmisión de FM para simular los diferentes tipos de interferencias.

El sistema inteligente permitirá realizar pruebas para saber exactamente en qué lugar de la banda de Frecuencia Modulada se está produciendo una interferencia ya sea esta cocanal, adyacente o de intermodulación, ya que el sistema descarta

² CASTELLANOS, E. TALERO, J. B., Análisis de propagación electromagnética en espacios cerrados: Herramienta software en Matlab para predicción y simulación, Investigación de Grado para optar el título de Ingeniero Electrónico, Universidad Industrial de Santander, Abril 2005., Pp. 10

todas las posibles opciones hasta obtener la correcta y posteriormente realizar la simulación para que el usuario pueda visualizar.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema inteligente para detección de interferencias electromagnéticas en la banda de frecuencia modulada.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el Marco Regulatorio vigente en nuestro país con relación a interferencias en FM.
- Analizar las tecnologías de transmisión y sus componentes en FM
- Identificar las interferencias, Cocanal, Adyacente y de Intermodulación
- Construir un ambiente de pruebas y simulación usando dispositivos que transmitan en FM de baja potencia.
- Diseñar e Implementar el sistema inteligente de detección de interferencias electromagnéticas.

1.5. HIPÓTESIS

El diseño e implementación del sistema inteligente permitirá la detección de interferencias electromagnéticas en la banda de frecuencia modulada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANÁLISIS REGULATORIO

2.1.1. Organismos Internacionales de Regulación de Telecomunicaciones³

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU es un organismo especializado de la ONU que se encarga de la regulación de las telecomunicaciones a nivel mundial. El personal especializado de la ITU elabora normas técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las

³MORALES, L. VALLEJO, T., Estudio comparativo de los estándares de radiodifusión digital terrena orientado a definir su aplicabilidad en el Ecuador., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp.75, 76

tecnologías, además de buscar las mejores técnicas para mejorar el acceso a las TIC. Estos documentos se denominan RECOMENDACIONES, y por este mismo hecho no tienen el carácter de obligatorio, pero a nivel internacional son tomadas muy en cuenta como su norma primordial. Este organismo nació en el año de 1934, su sede se encuentra en Ginebra (Suiza) y se encuentra distribuido en tres sectores:

UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antes CCITT).

UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (antes CCIR).

UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT R) es el organismo encargado de coordinar el amplio campo de servicios de radiocomunicaciones, y se encarga de la gestión internacional del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites.

2.1.2. Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones en el Ecuador ⁴

Al ser sectores estratégicos de los países, el espectro radioeléctrico y las telecomunicaciones son considerados bienes los cuales se hace responsable el estado, y para los que; según la constitución ecuatoriana; el Ecuador se reserva el

⁴ CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp. 58

derecho de administrar regular controlar y gestionar, así como para otros bienes como el agua, los recursos naturales, hidrocarburos entre otros.

También en la constitución vigente en el país, dicta que el estado constituirá empresas públicas para administrar los sectores antes mencionados, o también podrá delegar a empresas mixtas de las cuales el estado sea accionista mayoritario para los mismos fines.

2.1.3. Derecho sobre el Espectro Radioeléctrico⁵

Las leyes en el Ecuador establecen que al tener competencia exclusiva sobre el espectro radioeléctrico, todas las personas en forma individual o colectiva tienen derecho en igualdad de condiciones a la creación de medios de comunicación, y al acceso a uso de las frecuencias para gestionar estaciones de radio o televisión, públicas, privadas o comunitarias.

A la vez garantizara que para la asignación de frecuencias se cuente con métodos transparentes y así poder fomentar la pluralidad y diversidad en cuanto a la comunicación.

También se prohíbe con base en derecho al trabajo la paralización total de las telecomunicaciones, entre otros servicios, para lo cual la ley establecerá límites para su funcionamiento.

⁵ CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp. 58

2.1.4. Organismos de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en el Ecuador

Existen varios entes en el país que precautelan el uso de las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico, a continuación veremos los organismos principales y sus funciones.

2.1.5. MINTEL

“El MINTEL es el organismo rector del desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación que incluyen las Telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico. Tiene la finalidad de emitir políticas, planes generales y realizar el seguimiento y evaluación de su implementación, coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios y promover su uso efectivo”⁶.

En agosto del 2009 el actual Presidente de la República considerando que las funciones y atribuciones de los diferentes organismos en cuanto al control, regulación y gestión de las telecomunicaciones están en su mayoría duplicadas, lo cual hace deficiente la administración estatal sobre estos medios; crea el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, como órgano rector del desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación, incluyendo las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico, el cual tiene entre las funciones más importantes las siguientes:

⁶ Decreto Ejecutivo Nro. 8 del 13 de Agosto del 2009, <http://www.presidencia.gob.ec>

- Ejercer la representación del estado en materia de Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Emitir políticas, planes generales y realizar el seguimiento y evaluación de su implementación.
- Coordinar apoyo y asesoría para garantizar acceso igualitario a los servicios y promover su uso eficiente.
- Promover en coordinación con entes públicos o privados, la investigación científica y tecnológica en materia de Tecnologías de la Información y Comunicación, para el desarrollo del país⁷.

2.1.6. CONATEL

“El Consejo Nacional de Telecomunicaciones tendrá la representación del Estado para ejercer, a su nombre, las funciones de administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones, y es la Administración de Telecomunicaciones del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones”⁸.

El 30 de agosto de 1995 en la reforma de la ley de Telecomunicaciones se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, reforma en la cual se destacó la independencia de funciones del mismo, ente que en aquel entonces era

⁷ CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp. 59

⁸ Ley Especial de Telecomunicaciones reformada. Ley No. 184, Capítulo VI. Título I. Art. 1.

encargado de la administración y regulación de las telecomunicaciones en el país y también del espectro radioeléctrico.

Podemos mencionar como las políticas más importantes las siguientes:

- Velar por el derecho de los usuarios con respecto a telecomunicaciones.
- Atraer la inversión incentivando al sector privado en el desarrollo de infraestructura y la prestación de servicios
- Fortalecer la imagen del Ecuador a nivel mundial en materia de telecomunicaciones.
- Promover el uso de las TIC's y garantizar a los ecuatorianos el acceso a la Sociedad de la Información⁹.

2.1.7. SENATEL

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones es un organismo encargado de cumplir las políticas establecidas por el CONATEL y también es responsable de la administración del espectro radioeléctrico. Cuya misión es la siguiente:

“Promover el desarrollo armónico del sector de las telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC, mediante la administración y regulación eficiente del espectro

⁹ CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp. 60

radioeléctrico y los servicios, así como ejecutará las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad”¹⁰

Tiene entre las más importantes políticas las siguientes:

- Mantener la seguridad, integridad y confidencialidad de la información.
- Uso intensivo de medios electrónicos
- Optimizar el uso de los recursos y controlar el gasto corriente

2.1.8. SUPERTEL

La Superintendencia de Telecomunicaciones tiene como misión “Vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico, para que se proporcione con eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad, transparencia y equidad; fomentando los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad al ordenamiento jurídico e interés general”¹¹

En 1992 en la ley Especial de Telecomunicaciones se crea la Superintendencia de Telecomunicaciones, con el fin de controlar y regular el espectro radioeléctrico y los servicios de telecomunicaciones, las políticas de la SUPERTEL son menos administrativos que los anteriores organismos, a continuación revisamos las más importantes:

¹⁰ Resolución SNT-2006-008 del 19 de enero del 2006

¹¹ www.supertel.gob.ec/index.php/Organizacion/Mision-y-vision.html

- Proteger los derechos de la sociedad con respecto a productos y servicios de telecomunicaciones.
- Promover la reducción de la brecha tecnológica
- Fomentar la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica en el país.
- Controlar los servicios de telecomunicaciones, prevenir las infracciones y si las hay sancionarlas de acuerdo a la ley.
- Controlar a usuarios y concesionarios que ocupan el segmento espacial de la órbita geo estacional del Ecuador.
- Controlar el espectro radioeléctrico, de las Tecnologías de Información y Comunicación¹².

2.1.9. División del Espectro Radioeléctrico

La UIT ha dividido en tres regiones al planeta, para el uso de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.

La Región 1 comprende Europa, África, Medio Oriente, Mongolia y los países de la antigua Unión Soviética.

La Región 2 está conformada por América del Norte y América del Sur y

¹² CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp. 60-61

La Región 3 comprende Asia y Oceanía¹³.

En la Figura 2.1 se puede observar la división del planeta por regiones para uso del Espectro Radioeléctrico, Ecuador se encuentra ubicado dentro de la Región dos.

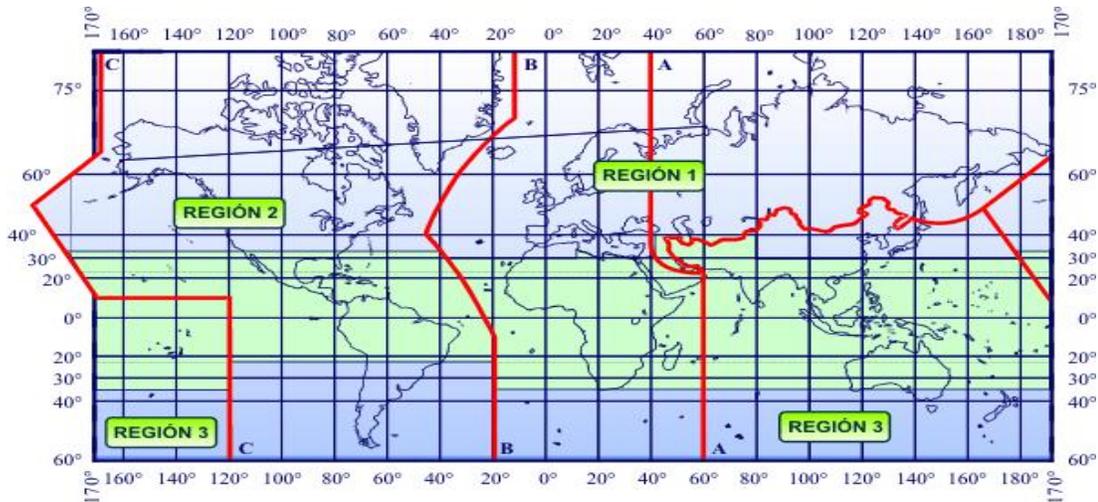


FIGURA II.1 Mapa de Regiones Según la UIT

Fuente: http://www.telcor.gob.ni/UserFiles/Image/IMG_CNAFRegiones_02.gif

2.1.10. Legislación sobre la concesión de frecuencias¹⁴

Existen algunas definiciones que debemos revisar acerca de la ley de Radiodifusión y Televisión, del 9 de mayo de 1995, que establece lo siguiente:

¹³ VILLAFUERTE, E. ARIAS, S., Estudio para determinar sitios de transmisión que ofrezca mejor cobertura para estaciones del servicio de radiodifusión sonora FM en las provincias de El Oro y Sucumbíos, para la Superintendencia de Telecomunicaciones., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2013., Pp 1-2

¹⁴ CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2012., Pp 61-62

- El Estado, a través del CONATEL, otorgará frecuencias o canales para radiodifusión y televisión, y regulará y autorizará estos servicios en todo el país, los convenios internacionales sobre la materia ratificados por el Gobierno ecuatoriano, y los reglamentos. Y las funciones de control las ejercerá la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- Todo nuevo contrato de concesión de frecuencias para estación de radiodifusión o televisión o de transferencia de la concesión, deberá celebrarse por escritura pública entre el Superintendente de Telecomunicaciones y el Concesionario

Según esta ley a la Superintendencia de Telecomunicaciones se le asignan además las siguientes funciones:

- Administrar y controlar las bandas del espectro radioeléctrico destinadas por el Estado para radiodifusión y televisión.
- Tramitar todos los asuntos relativos a las funciones del CONATEL y someterlos a su consideración con el respectivo informe;
- Realizar el control técnico y administrativo de las estaciones de radiodifusión y televisión;
- Mantener con los organismos nacionales o internacionales de radiodifusión y televisión públicos o privados, las relaciones que correspondan al país como miembro de ellos
- Imponer las sanciones que le facultan la Ley y los reglamentos; y
- Ejecutar las resoluciones del CONATEL.

2.1.11. Ley de Radiodifusión y Televisión¹⁵

La Ley de Radiodifusión y Televisión contiene aspectos relevantes para el desarrollo de los servicios de radiodifusión y televisión, atribuyéndole al Estado la responsabilidad de dirigir, regular y controlar las actividades de Radiodifusión y Televisión siempre y cuando se sigan las normas establecidas en los reglamentos y al pago de tasa y tarifas respectivas, esta ley se encuentra publicada en los Registros Oficiales No. 785 y No. 691, de 18 de Abril de 1975 y) de Mayo de 1995 respectivamente.

2.1.12. Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica¹⁶

La Norma técnica Reglamentaria para radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica establece las especificaciones y características técnicas relacionados a la concesión y asignación de frecuencias, determinación de las áreas de servicio, ubicación del estudio, estación transmisora y otras características técnicas generales para su correcto funcionamiento y así poder evitar interferencias radioeléctricas.

Tomando en cuenta las características técnicas de las estaciones de radiodifusión en frecuencia modulada analógica se estableció que operen en la banda

¹⁵ Ley de Radiodifusión y Televisión publicada en el Registro Oficial No. 785 de 18 de abril de 1975 y sus Reformas publicadas en los Registros Oficiales No. 691 de 9 de mayo de 1995

¹⁶ Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica, publicada en el Registro Oficial No 74 del 10 de mayo del 2000 y sus modificaciones.

comprendida entre los (88 a 108) MHz, aprobada en el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión; con una canalización de cada 400 kHz, dentro de una misma zona geográfica, con un ancho de banda de 200kHz; y pueden formar sistemas de radiodifusión con una estación matriz y una o varias repetidoras para transmitir la misma programación.

En la canalización de la banda de frecuencia modulada *“se establecen 100 canales con una separación de 200KHz, numerados de 1 al 100, iniciando el canal 1 en 88.1MHz”*¹⁷ como se detalla en el Anexo N°1; y entendiéndose como zona geográfica a la *“superficie terrestre asociada con una estación en el cual en condiciones técnicas determinadas puede establecerse una radiocomunicación respetando la protección establecida”*¹⁸.

La división de las zonas geográficas para el Ecuador se realizó para tener una mejor asignación y distribución de frecuencias, de tal manera que exista la mínima interferencia co-canal y de canal adyacente.

Se identifica a cada zona con una letra del alfabeto y su respectivo grupo de frecuencias *“se establecen seis grupos para distribución y asignación de frecuencias en el territorio nacional. Grupos: G1, G2, G3 y G4 con 17 frecuencias*

^{17 20 21} Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica, publicada en el Registro Oficial No 74 del 10 de mayo del 2000 y sus modificaciones

*cada uno, y los grupos G5 y G6 con 16 frecuencias*¹⁹, con una separación de 1200kHz, descritas en el Anexo N°2.

2.2. RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR

2.2.1. Introducción²⁰

La radiodifusión ha sido uno de los medios de comunicación más importantes en el Ecuador y en mundo, o como se lo llama “el medio masivo por excelencia” debido a la gran cobertura que presenta y su capacidad de mantener enlazados continuamente a gran cantidad de personas. La radio ha sido el medio más importante en tiempos de crisis para nuestro país y para todos los países, como han sido de conocimiento mundial la Primera y Segunda Guerra Mundial, crisis políticas y desastres naturales, manteniendo a sus oyentes constantemente informados de las principales noticias y acontecimientos. Constituye también un medio de entretenimiento como no ha sido hasta la actualidad ningún medio de comunicación.

La ventaja más grande que tiene la radiodifusión es el bajo costo que presenta, la fácil accesibilidad a él y, como ya se dijo anteriormente, la capacidad de comunicación entre los oyentes en tiempo real. Es el medio de más utilizado en países que se encuentran en vías de desarrollo debido a que la televisión es para zonas urbana todavía y por la complejidad para la mayoría de población de llegar a la prensa.

²⁰ OCAÑA, E., Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador., Escuela Politécnica del Ejercito., Carrera Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones., Quito-Ecuador., TESIS., 2005., Pp.1

2.2.2. Radiodifusión Analógica²¹

Se dice que la radiodifusión analógica es la transmisión de señales a través del espectro radioeléctrico. El espectro radioeléctrico permite recibir señales con información necesaria.

Todos los sistemas que se emplean para el enviar señales de radio están formados por tres partes básicas: el transmisor, el receptor y el enlace entre receptor y transmisor tal como se muestra en la Figura II.2.

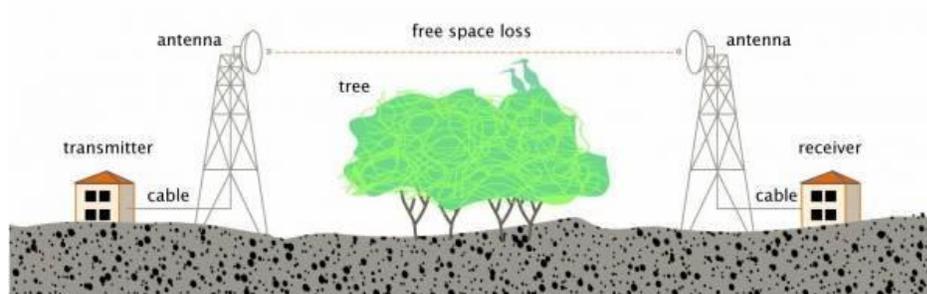


FIGURA II.2 Sistema de Transmisión

Fuente: Giordano J L 2009 Ondas de radio <http://www.profísica.cl>

2.2.3. Espectro Radioeléctrico

El espectro electromagnético se concibe como la dispersión de radiaciones diferentes entre sí por la frecuencia. El espectro radioeléctrico es un subconjunto

²¹ LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2013., Pp. 32

del anterior y abarca todas las frecuencias capaces de ser emitidas por los osciladores discretos.

Es de propiedad exclusiva del estado y como tal constituye un bien de dominio público inajenable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponden a la Superintendencia de Telecomunicaciones (Suputel).

Por espectro radioeléctrico, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.) define las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión, servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos²².

Según la UIT el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente entre los 3 KHz y 3,000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial.

2.2.4. Banda de frecuencias

El espectro electromagnético se divide en bandas de frecuencias según las normas de los organismos reguladores de las comunicaciones mundiales que forman parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)²³.

²² GALLEGOS, F. PULLAS, G., Análisis del espectro radioeléctrico y estudio para la implementación de una red de radio enlaces entre las unidades de turismo de los 7 municipios de la provincia de Bolívar., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica y Computación., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2010., Pp. 25-26

²³ LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2013., Pp 35

El espectro radioeléctrico se subdivide en bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente de acuerdo con el siguiente cuadro mostrado en la Tabla II.I.

Banda	Rango de frecuencias	Designación según longitud de onda	Designación según su frecuencia
4	3 a 30 kHz	Miriamétricas	VLF (muy baja frecuencia)
5	30 a 300 kHz	Kilométricas	LF (baja frecuencia)
6	300 a 3000 kHz	Hectométricas	MF (media frecuencia)
7	3000 a 30000 kHz	Decamétricas	HF (alta frecuencia)
8	30 a 300 MHz	Métricas	VHF (muy alta frecuencia)
9	300 a 3000 MHz	Decimétricas	UHF (ultra alta frecuencia)
10	3000 a 30000 MHz	Centimétricas	SHF (súper alta frecuencia)
11	30 a 300 GHz	Milimétricas	EHF (extrema alta frecuencia)
12	300 a 3000 GHz	Decimilimétricas	

Tabla II.I Espectro Completo de Frecuencias

Fuente: Frequency and Wavelength Bands/article#2itu.pdf

En la Figura II.3 se indica, la división de las bandas desde la banda de alta frecuencia (HF) hasta la banda de súper alta frecuencia (SHF), con sus respectivos servicios, entre los cuales está el servicio de radiodifusión en frecuencia modulada analógico.

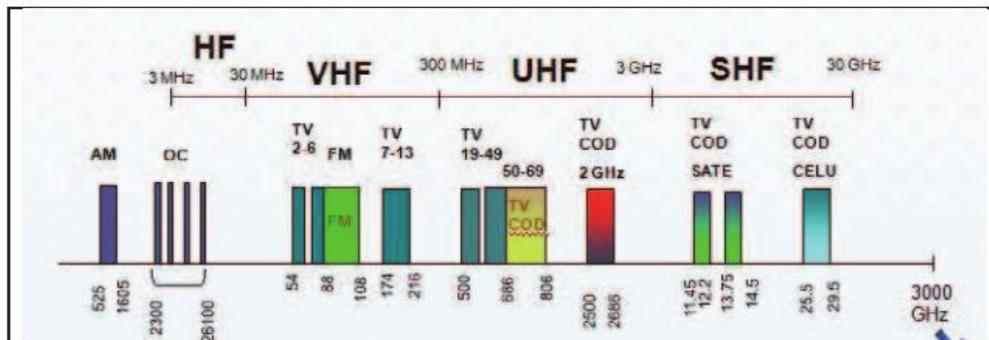


FIGURA II.3 Frecuencias del Espectro Radioeléctrico

Fuente:

<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm020ar/vdm020i06>

2.3. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN CON RESPECTO AL RANGO DE FRECUENCIAS

Según el rango de frecuencias en nuestro país las estaciones de radiodifusión se clasifican en:

- Estaciones de Onda Media
- Estaciones de Onda Corta
- Estaciones de Frecuencia Modulada

2.3.1. Estaciones de Onda Media²⁴

Al hablar de estaciones de onda media se puede mencionar las estaciones de Amplitud Modulada (AM) que operan en la banda comprendida entre 535 y 1605 [KHz], es la más popular en aéreas rurales por su cobertura extensa debido a su propagación por onda de tierra.

2.3.2. Estaciones de Onda Corta²⁵

Son estaciones de radiodifusión que operan en 2 grupos de bandas de frecuencias:

²⁴ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 3-5

²⁵ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 3-5

- Las bandas tropicales son usadas en la zona tropical del planeta como alternativa a la radiodifusión de onda media por lo que son usadas mayoritariamente para emisoras locales.
- Las bandas internacionales son usadas por las emisoras internacionales para sus emisiones de coberturas mundiales y la transmisión lo realiza a través de la llamada propagación ionosférica.

En la Tabla II.II se indica los diferentes rangos de frecuencias que tienen las bandas tanto en radiodifusión tropical e internacional.

Radiodifusión	Banda	Rango de Frecuencia
Tropical	Banda de 90 m	3230 [KHz] - 3400 [KHz]
Tropical	Banda de 75m	3950 [KHz] - 4000 [KHz]
Tropical	Banda de 60m	4750 [KHz]- 5060 [KHz]
Internacional y Tropical	Banda de 49m	5950 [KHz]- 6200 [KHz]
Internacional y Tropical	Banda de 41m	7100 [KHz] - 7300 [KHz]
Internacional	Banda de 31m	9500 [KHz] - 9900 [KHz]
Internacional	Banda de 25m	11650 [KHz] - 12050 [KHz]
Internacional	Banda de 22m	13600 [KHz] - 13800 [KHz]
Internacional	Banda de 19m	15100 [KHz] - 15600 [KHz]
Internacional	Banda de 16m	17550 [KHz] - 17900 [KHz]
Internacional	Banda de 13m	21450 [KHz] - 21850 [KHz]
Internacional	Banda de 11m	25670 [KHz] - 26100 [KHz]

Tabla II.II Bandas de Frecuencias en Onda Corta

Fuente: Información Supertel

2.3.3. Estaciones de Frecuencia Modulada (FM) ²⁶

Las estaciones de radiodifusión en FM operan en la banda comprendida entre 88 y 108 [MHz] con una canalización de 400 [KHz] dentro de una misma zona geográfica y con un ancho de banda de 180 [KHz] para estaciones monofónicas y de 200 [KHz] para las estereofónicas. Las estaciones de radiodifusión FM pueden formar sistemas con una estación matriz y repetidoras para emitir simultáneamente la misma programación.

2.4. PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas se transmiten desde una antena emisora en todas las direcciones, donde las formas de propagación de la señal son:

2.4.1. Propagación de ondas ionosféricas o celestes²⁷

En este tipo de transmisión la onda pueda alcanzar las capas altas de la atmósfera (ionosfera) y es reflejada en su mayor parte de vuelta a la tierra. Las reflexiones ionosféricas se producen en las bandas de Frecuencia Media (*Medium Frequency, MF*) y de Alta Frecuencia (*High Frequency, HF*) desde 300 [KHz] a 30 [MHz].

²⁶ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 3-5

²⁷ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 6 -8

El alcance de un solo salto de las ondas electromagnéticas en la propagación ionosférica varía entre 0 y 2000 [Km] (MF) y de 50 a 4000 [Km] (HF),

Se ilustra la propagación ionosférica en la Figura II.4.

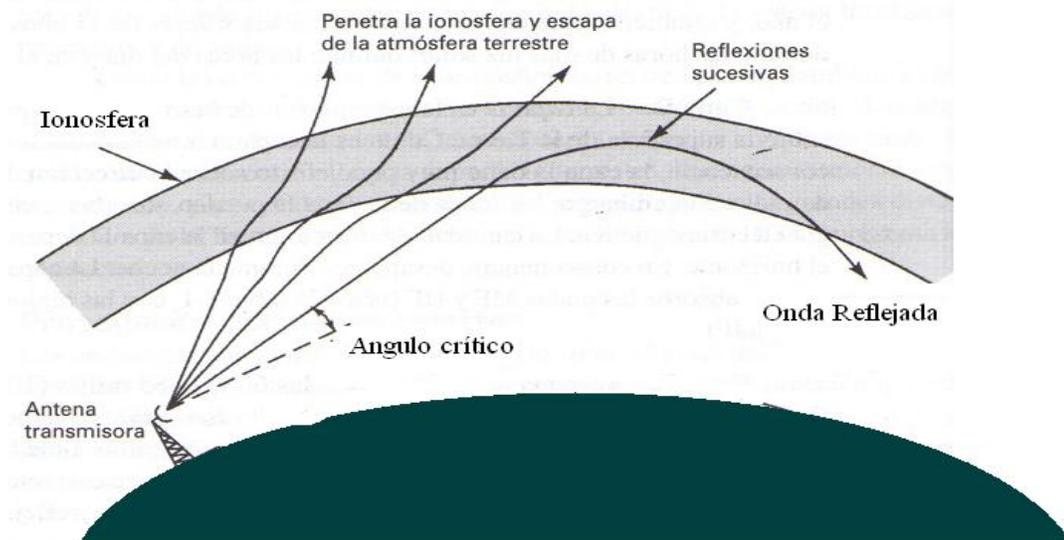


FIGURA II.4. Propagación por onda ionosférica

Fuente: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULOANTENASPROPAGACION-2011/image178.png>

2.4.2. Propagación por Onda de Superficie²⁸

Las señales de radio se desplazan en línea recta, atravesando la mayoría de los objetos que estén en su camino con mayor o menor atenuación donde parte de esta onda es reflejada por la superficie terrestre.

Una onda de superficie se propaga en la discontinuidad tierra-aire en las bandas:

²⁸ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 6 -8

- Baja Frecuencia (LF, *Low Frequency*) (30 KHz – 300 KHz)
- Frecuencia Media (MF, *Medium Frequency*) (300 KHz – 3 MHz)
- Alta Frecuencia (HF, *High Frequency*) (3 MHz – 30 MHz)

En la Figura II.5 se observa el rango de frecuencias de cada una de unas las bandas mencionadas.

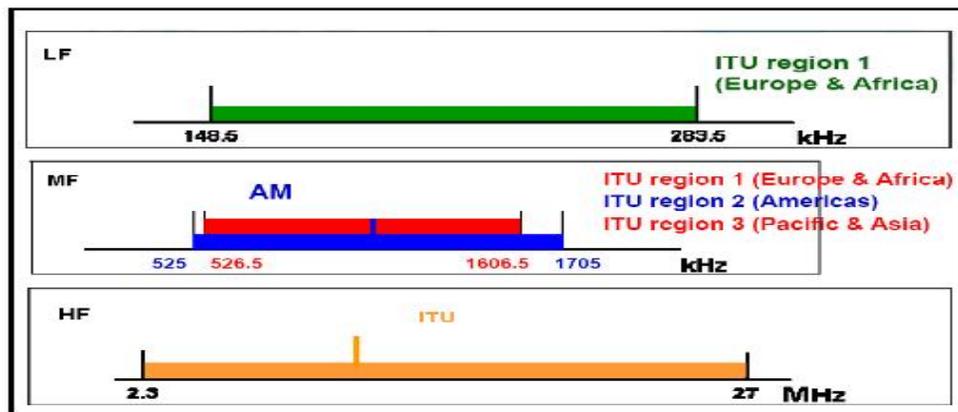


FIGURA II.5. Bandas de frecuencia en propagación por onda de superficie

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

El rango de frecuencias para la propagación por onda de superficie está comprendido entre los 30 [KHz] y 30 [MHz], el alcance de la onda está en función de la frecuencia, la potencia transmitida y el tipo de suelo (tierra seca, húmeda, mar).

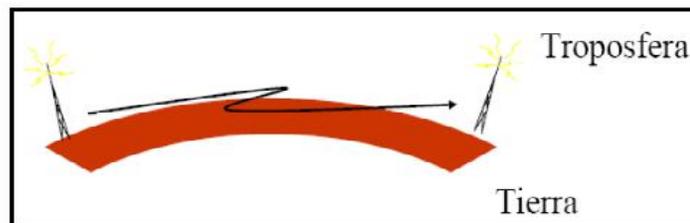


FIGURA II.6. Propagación por onda de Superficie

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

2.4.3. Propagación por Onda de Espacio o Troposférica²⁹

Este tipo de propagación se realiza en las bandas de frecuencias (VHF, *Very High Frequency*) y bandas superiores, en donde la ionosfera se hace transparente se asume una propagación en espacio libre modificada por el suelo (reflexión y difracción) y por la troposfera (refracción, atenuación y dispersión).

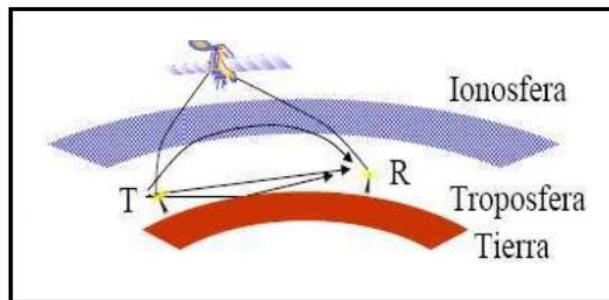


FIGURA II.7. Propagación por onda de Espacio o Troposférica

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

2.5. SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR

Las estaciones de radiodifusión autorizadas en todo el Ecuador por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), y controladas por la Superintendencia de Telecomunicaciones son las siguientes:

- Radiodifusión Onda Corta (OC) 9 estaciones³⁰.
- Radiodifusión Amplitud Modulada (AM) 199 estaciones³¹.

²⁹ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 6 -8

^{30 29 30} <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/>

- Radiodifusión Frecuencia Modulada (FM) matrices: 543; Repetidoras: 373³².

2.5.1. Radiodifusión FM³³

La modulación en frecuencia modulada es un proceso en el cual se combina una señal de AF (Audio Frecuencia) con otra de RF (Radio Frecuencia) en el rango de frecuencias entre 88 [MHz] y 108 [MHz], para obtener la señal FM cuya frecuencia varía de acuerdo a la amplitud de la moduladora. Los ruidos o interferencias alteran en AM la amplitud de la onda, en FM no se afecta a la información transmitida, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud que es constante.

Las estaciones de radiodifusión en nuestro país es la más difundida ya que brinda la mejor calidad de sonido, tienen una canalización de cada 400 [KHz] dentro de una misma zona geográfica, la radiodifusión FM presenta las siguientes características:

- El ancho de banda en la banda de FM es de 220 [KHz] como protección reservan 100 [KHz] de espacio a ambos lados de esta señal para evitar interferencias perjudiciales con los canales adyacentes para estéreo y 180[KHz] para monofónica, con una tolerancia de hasta un 5%.

³³ LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2013., Pp.45

- El rango de frecuencias en banda base para audio va desde los 50 [Hz] a 15 [KHz].
- El porcentaje de modulación para sistemas monofónicos o estereofónicos es del 100%; si éstos utilizan una sub-portadora 95% y si utilizan dos a más sub-portadoras 100%.
- La separación entre portadoras estará determinada por los grupos de frecuencias correspondientes a cada zona geográfica.

En la siguiente Figura II.8 Se ilustra la operación de las frecuencias y la separación necesaria para su funcionamiento:

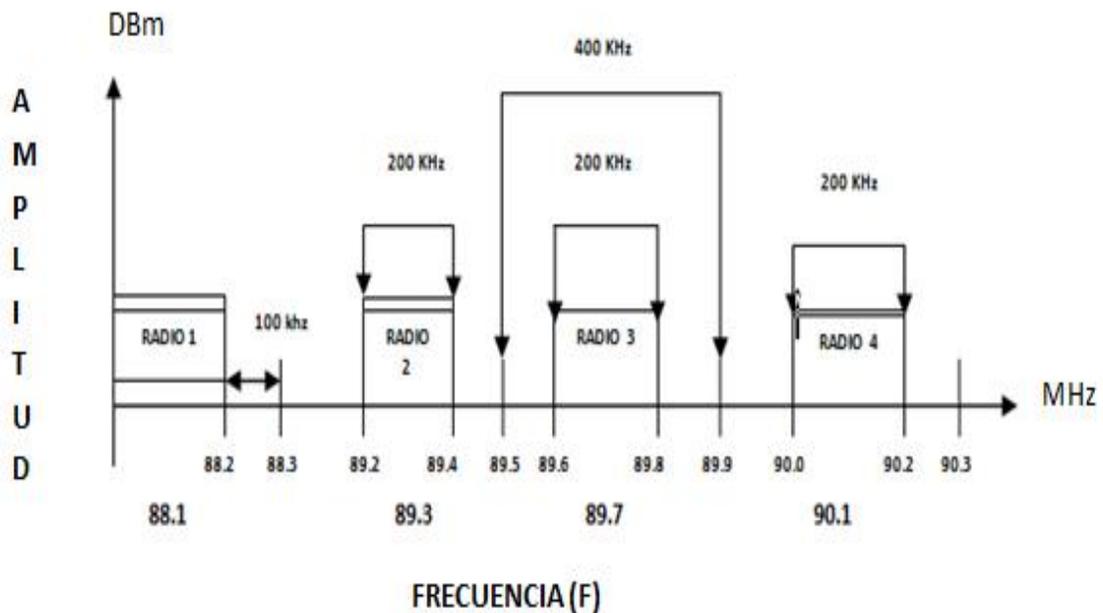


FIGURA II. 8 Descripción de las Bandas FM

Fuente: <http://www.supertel.gob.ec>

2.5.2. Propagación FM³⁴

La propagación de FM se da a través de la troposfera:

Propagación troposférica: puede actuar de dos formas, bien se puede dirigir la señal en línea recta de antena a antena (visión directa) o se puede radiar con un cierto ángulo hasta los niveles superiores de la troposfera donde se refleja hacia la superficie de la tierra. El primer método necesita que la situación del receptor y el transmisor esté dentro de distancias de visión, limitadas por la curvatura de la tierra en relación a la altura de las antenas. El segundo método permite cubrir distancias mayores.

2.5.3. Potencia de Transmisores FM³⁵

El rango de potencia de los transmisores que operan en la banda de FM es:

- Baja potencia (250 [W])
- Potencia normal (más de 250 [W])

Las estaciones de baja frecuencia son usadas para cubrir cabeceras cantorales o sectores de baja población, cuya frecuencia pueda ser reutilizada por diferente concesionario, en otro cantón de la misma provincia o zona geográfica. Tienen un máximo de potencia de 250, su transmisor se ubica en áreas periféricas de la

^{34 37} LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2013., Pp. 46-48

población que irá a cubrir y el sistema radiante se encuentra a una altura máxima de 36 metros sobre la altura promedio de la superficie de la población a ser servida.

Según la Regla de Carson el ancho de banda de la señal FM es como se muestra en la Fórmula II.1.

$$\omega \geq 2(\beta + \varphi)$$

FÓRMULA II.1 Ancho de Banda FM.³⁶

Donde

ω : Ancho de banda de la señal FM

β : Ancho de banda de la señal moduladora

φ : Desviación de frecuencia pico

Con una derivación de frecuencia pico de 75 [KHz.] (a 15 [KHz.] en sonido le corresponden 75 [KHz] de la señal) donde las componentes de alta frecuencia de la señal principal FM casi no se transmiten se puede calcular el ancho de banda de la señal FM como se muestra a continuación: $(2(75 + 15)) = 180[KHz]$

Los sistemas FM requieren un mayor ancho de banda y se ha demostrado que la relación señal a ruido de la señal transmitida aumenta, aumentando de la misma manera la calidad de la señal. De la misma manera que en la modulación AM.

³⁶ TOMASI., W., Sistemas de Comunicaciones Electrónicas., 4a.ed. México D.F.- México., Prentice Hall., 2003., Pp.235

El elemento más importante es el índice de modulación (m), que se define como la relación entre la desviación de frecuencia de la señal portadora y la frecuencia de la señal moduladora.

En la Fórmula II. 2. se expresa de la siguiente manera:

$$m = \frac{\Delta fp}{fm}$$

FÓRMULA II.2 Índice Modulación FM³⁷

Donde

Δfp : Desviación de Frecuencia de la Señal Portadora

fm : Frecuencia de la Señal Moduladora

Se deben citar los siguientes elementos del sistema FM:

- La frecuencia de portadora de un transmisor FM se denomina Frecuencia central o de reposo.
- Cuando es aplicada la señal moduladora, la magnitud de frecuencia por encima o por debajo de la frecuencia de reposo se denomina desviación de frecuencia.
- La variación total entre los valores máximo y mínimo de frecuencia se llama excursión u oscilación de portadora.

³⁷ TOMASI., W., Sistemas de Comunicaciones Electrónicas., 4a.ed. México D.F.- México., Prentice Hall., 2003., Pp.235

La transmisión de radio hace que la onda portadora se module de forma que su frecuencia varíe según la señal de audio transmitida.

A continuación se indica el proceso de modulación FM como entradas la señal portadora y la señal de audio y la salida es la señal modulada en frecuencia.

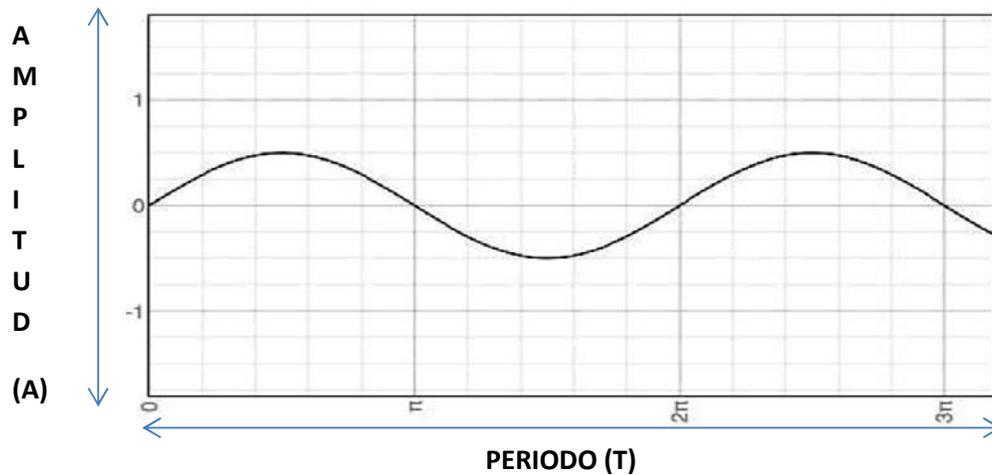


FIGURA II.9 Señal Moduladora FM

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/694/1/T-ESPE-027551.pdf>

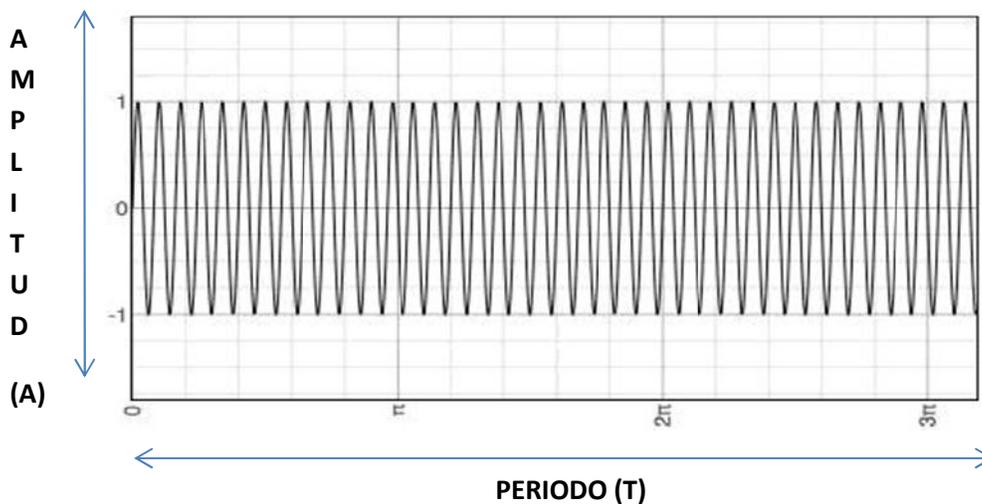


FIGURA II.10 Señal Portadora FM

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/694/1/T-ESPE-027551.pdf>

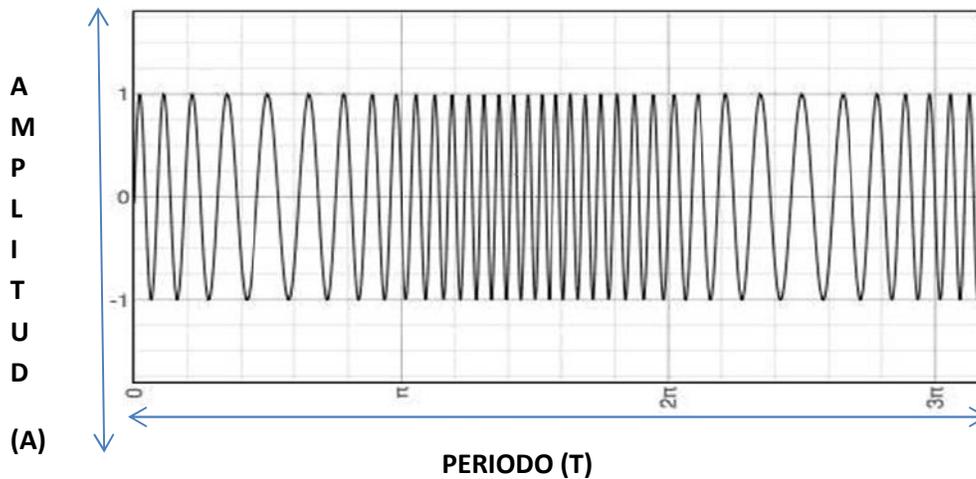


FIGURA II.11 Señal Modulada FM

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/694/1/T-ESPE-027551.pdf>

Para radiodifusión FM comercial, la frecuencia máxima de la señal moduladora es de 15 kHz, y el máximo incremento de la frecuencia portadora que se puede realizar es de ± 75 kHz según la normativa de este tipo de transmisiones. Al emitirse dos bandas laterales³⁸.

El ancho de banda total de una emisión FM será de:

$$B_w = 2(\Delta f + f_m) = 2(75 + 15) = 180[\text{kHz}]$$

FÓRMULA II.3 Ancho de Banda FM³⁹

Donde

B_w : Ancho de Banda FM

³⁸ OCAÑA, E., Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador., Escuela Politécnica del Ejército., Carrera Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones., Quito-Ecuador., TESIS., 2005., Pp.14-15

³⁹ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/694/1/T-ESPE-027551.pdf>

Δf : Desviación de Frecuencia

f_m Frecuencia de la Señal Moduladora

2.5.4. Transmisor FM⁴⁰

En el transmisor FM consta de un oscilador maestro que se encarga de generar una portadora senoidal de amplitud y frecuencia muy estables; el modulador tiene entradas a la portadora generada por el oscilador y la señal de información. Los amplificadores de potencia permiten aumentar la potencia de la señal al nivel necesario para entregarla a la línea de transmisión y la antena.

Los VCO (Oscilador controlado por voltaje) no son lo suficientemente estables para usarlos en los transmisores FM, para resolver este problema de estabilidad, se hace que el VCO del modulador forme parte de un lazo de fase sincronizada (PLL).

En la Figura II.12 y II.13 se indican las etapas del transmisor y receptor FM.

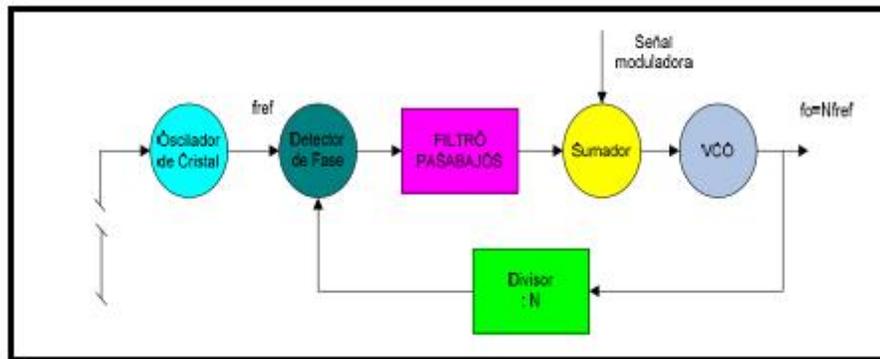


FIGURA II.12. Diagrama de bloques de un transmisor FM con PLL

Fuente: Tomasi, W. Sistemas de comunicaciones electrónicas

⁴⁰ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 18

Un oscilador PLL es básicamente un oscilador controlado por cristal, que controla a su vez a un oscilador variable, dándole a éste estabilidad.

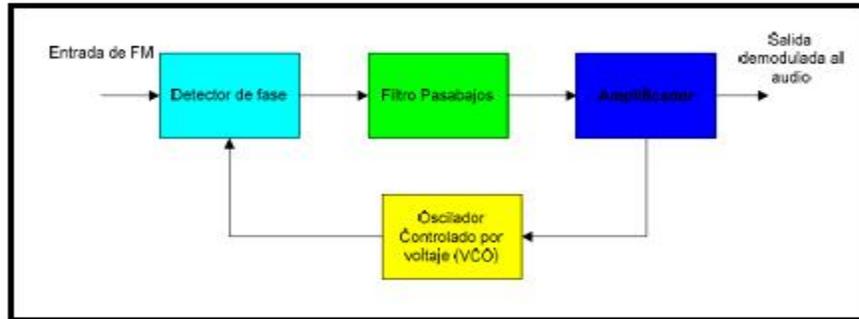


FIGURA II.13 Diagrama de bloques de un demodulador FM con PLL

Fuente: Tomasi, W. Sistemas de comunicaciones electrónicas

2.5.5. Transmisor de radio FM estéreo⁴¹

En la Figura II.14 se muestra el espectro de la señal a la salida del codificador estéreo (señal múltiplex); este sistema de codificación permite tanto la emisión en mono como en estéreo esta señal es modulada en frecuencia con una portadora proveniente de un oscilador local de frecuencia entre 88 y 108 [MHz], por lo que a la salida del modulador tendremos una señal de radiofrecuencia (RF).

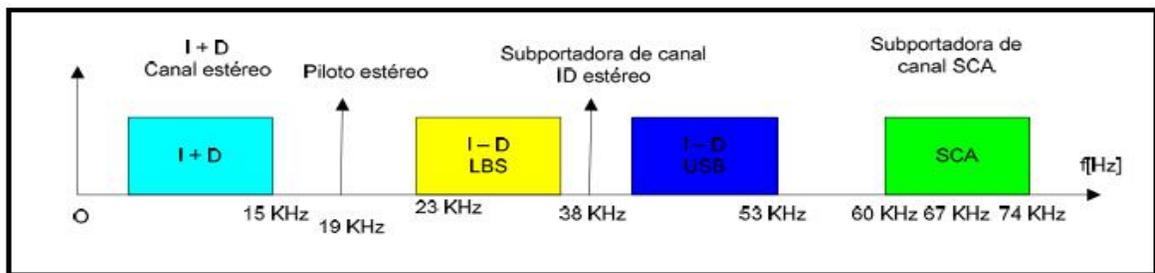


FIGURA II.14 Espectro de la señal de salida FM estéreo

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

⁴¹ ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 19

Los bloques de amplificación son los encargados de entregar la potencia suficiente a la señal modulada para ser emitida; las primeras etapas del amplificador reciben el nombre de excitadores, que proporciona una señal de potencia suficiente para excitar al amplificador de potencia; el proceso de amplificación genera armónicos de la señal (frecuencias indeseables) que son eliminados por filtros de armónicos, dejando pasar la señal principal con el ancho de banda del canal de 200 [KHz] evitando que pueda interferir con otros canales.

Los sistemas de emisión incorporan un acoplador direccional, que evalúa la ROE (Relación de Ondas Estacionarias) y regula la ganancia del excitador, como se muestra en la Figura II.15

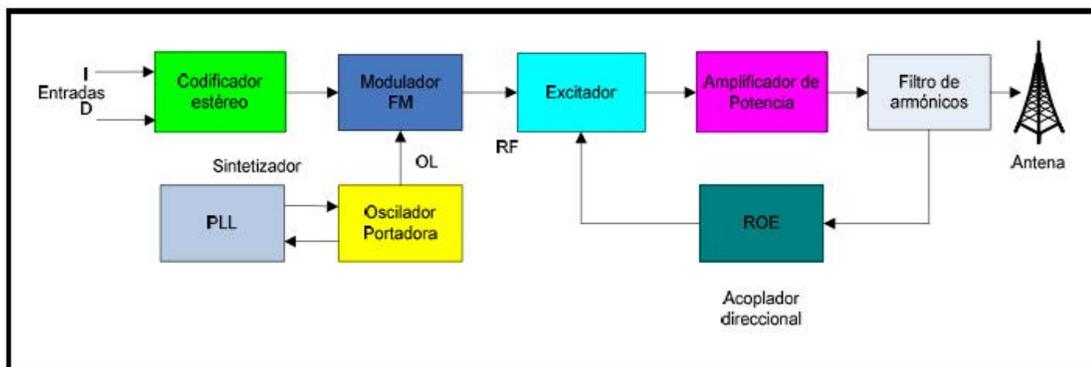


FIGURA II.15 Diagrama de bloques de un transmisor de radio FM estéreo

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

2.5.6. Características técnicas de la radiodifusión FM⁴²

La radiodifusión FM presenta las siguientes características:

⁴² ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2009., Pp. 20

- El ancho de banda en la radiodifusión AM se concentra en la frecuencia de la portadora y las dos bandas laterales. Para el caso de una señal FM el ancho de banda se extiende indefinidamente y se cancela solamente en ciertos valores de frecuencia discretos.
- La potencia máxima de salida de un transmisor FM está en función de la ganancia máxima de la antena (máxima radiación respecto a la antena isotrópica [dB]); donde la potencia isotrópica radiada equivalente máxima no debe exceder de 16 [dB].

Los valores de potencia del transmisor se muestran en la Tabla II.III.

Potencia del Transmisor [Kw]	Ganancia máxima de la antena [dB]
16	0
8	3
4	6
2	9
1	12
0,5	15
0,25	18

Tabla II.III Potencia Máxima a la salida de un transmisor FM

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

- Las estaciones de radiodifusión FM trabajarán con una potencia mínima de salida de un transmisor de 250 [W] con excepción de las ciudades cuya población exceda los 200 mil habitantes donde la potencia mínima a la salida del transmisor será de 500 [W].

- Las distancias mínimas referenciales entre estaciones transmisoras cocanal y de canal adyacente para una potencia isotrópica radiada de 1 [Kw], 5[Kw] y 10 [Kw] se muestra en la tabla II.IV.

Región Geográfica	Canal Adyacente			Cocanal		
	1 [Kw]	5 [Kw]	10 [Kw]	1 [Kw]	5 [Kw]	10 [Kw]
Insular	32[Km]	70[Km]	100 [Km]	57[Km]	127[Km]	180[Km]
Costa	22[Km]	49[Km]	70[Km]	47[Km]	106[Km]	150[Km]
Sierra	19[Km]	42[Km]	60[Km]	41[Km]	91[Km]	130[Km]
Amazonía	13[Km]	28[Km]	40[Km]	32[Km]	70[Km]	100[Km]

Tabla II.IV Distancia mínima entre estaciones FM

Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

En la Tabla II.V Se muestra las emisoras que actualmente trabajan en FM todo el Ecuador.

Provincia	FRECUENCIA MODULADA		
	Matriz	Repetidoras	Total
AZUAY	33	40	73
BOLIVAR	16	6	22
CAÑAR	15	13	28
CARCHI	18	15	33
CHIMBORAZO	33	24	57
COTOPAXI	12	1	13
EL ORO	31	19	50
ESMERALDAS	23	18	41
GALAPAGOS	9	7	16
GUAYAS	47	11	58
IMBABURA	27	10	37
LOJA	40	29	69
LOS RIOS	17	16	33
MANABI	44	27	71
MORONA SANTIAGO	15	18	33
NAPO	9	10	19
ORELLANA	9	6	15
PASTAZA	17	6	23
PICHINCHA	44	8	52
SANTA ELENA	17	28	45
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	21	18	39
SUCUMBIOS	19	9	28
TUNGURAHUA	20	22	42
ZAMORA CHINCHIPE	7	12	19
Total general	543	373	916

Tabla II.V Estaciones de radiodifusión en FM en el Ecuador

Fuente: Información SENATEL http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/4.numero_estaciones_radiodifusion_sonora_06ene14.xlsx

2.6. SITUACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ACTUAL EN RIOBAMBA

2.6.1. Introducción

Riobamba es una ciudad de Ecuador, se encuentra en el centro geográfico del país, en la cordillera de los Andes, a 2.750 msnm, la superficie delimitada por el perímetro urbano de la ciudad es de aproximadamente 40 km² es una ciudad donde el principal medio de comunicación comercial, social y cultural es la radiodifusión fue la primera ciudad donde se fundó la primera estación de radio “El Prado” con un transmisor de 100 vatios de potencia de onda corta gracias a su potencia era escuchada en todos los continentes.

La radiodifusión sonora es el principal medio comercial para llegar tanto al sector urbano como al rural las tecnologías sobre las que se trabaja en estos medios son AM y FM y aunque en la frecuencia AM casi se han ido desapareciendo su recepción pública aún continúan sus emisiones ciertas estaciones radiales. En la actualidad las transmisiones de radiodifusión son analógicas.⁴³



FIGURA II.16. Ubicación de las Estaciones de Radio en la Ciudad de Riobamba

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

⁴³ LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2013., Pp.52

2.6.2. Frecuencias Asignadas en Riobamba⁴⁴

A continuación se detalla en la Tabla II.VI en donde existen en la ciudad un total de 5 estaciones en AM y 40 estaciones en FM aunque algunas tienen sus estudios principales en la ciudad solo son repetidoras y en otros casos las estaciones llegan a dar cobertura a otros cantones de la provincia de Chimborazo.

NOMBRE DE ESTACIÓN	FRECUENCIA	AB (KHz)	ENLACE
Escuelas Radiofónicas Populares	710 (KHz)	10	Radioeléctrico
El Prado	980 (KHz)	10	Radioeléctrico
La Voz de Riobamba	1150 (KHz)	15	Radioeléctrico
Radio Central	1170 (KHz)	10	Línea Física
Ondas Cisnerinas	1410 (KHz)	10	Línea Física
Radio Pública	88.1 (MHz)	220	Satelital
Romance 88.5 FM	88.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Rumba Stereo FM	88.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Riobamba Stereo	89.3 (MHz)	220	Radioeléctrico
Genial EXA FM	89.7 (MHz)	220	Radioeléctrico
Sultana FM	90.1 (MHz)	220	Radioeléctrico
Stereo Mundo KDM	90.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Caracol FM Stereo	91.3 (MHz)	220	Radioeléctrico
Escuelas Radiofónicas Populares	91.7 (MHz)	180	Radioeléctrico
Fantástica 92.1 FM	92.1 (MHz)	220	Radioeléctrico
Hola FM Stereo	92.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Sistema 2 FM	92.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Súper Estéreo FM	93.3 (MHz)	220	Radioeléctrico
Bonita FM	93.7 (MHz)	220	Radioeléctrico
Centro FM Stereo	94.1 (MHz)	220	Radioeléctrico
Canela Radio Corp. 94.5 Chimborazo	94.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Stereo Buenas Nuevas --	95.3 (MHz)	220	Radioeléctrico
Rio 95.7	95.7 (MHz)	220	Radioeléctrico
Mundial FM	96.1 (MHz)	220	Radioeléctrico
Sol 96	96.5 (MHz)	220	Radioeléctrico

⁴⁴ LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2013., Pp.53-54

Amor FM Stereo	96.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
J.C. Radio	97.3 (MHz)	220	Radioeléctrico
Tricolor FM	97.7 (MHz)	220	Radioeléctrico
Alegría FM	98.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Hola FM Stereo	98.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Puntual FM	99.7 (MHz)	220	Radioeléctrico
La Voz del Volcán	100.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Ternura FM	101.3 (MHz)	180	Radioeléctrico
Latina FM	102.1 (MHz)	220	Radioeléctrico
Cumbre FM	102.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Sensación Stereo	102.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Sonorama FM	103.7 (MHz)	180	Satelital
María	104.1 (MHz)	220	Satelital
Paz y Bien	104.5 (MHz)	220	Radioeléctrico
Futura	104.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Radio Legislativa	105.3 (MHz)	220	Satelital
Católica Nacional FM	105.7 (MHz)	220	Radioeléctrico
Andina FM	106.1 (MHz)	220	Radioeléctrico
Panamericana FM	106.9 (MHz)	220	Radioeléctrico
Stereo Familiar	107.3 (MHz)	220	Radioeléctrico

Tabla II.VI Frecuencias Asignadas y Anchos de Banda de Operación en Riobamba

Fuente: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/3.lista_mensual_radiodifusion_frec_modulada_06ene14.xlsx

2.7. INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI)

2.7.1. Introducción⁴⁵

Las interferencias electromagnéticas se pueden definir como señales de tipo electromagnético que perturban no intencionalmente el normal funcionamiento de un sistema eléctrico o electrónico, afectando a las magnitudes eléctricas o magnéticas (tensión, corriente o campo electromagnético) de sus circuitos, aunque no lleguen a apreciarse sus efectos externamente. Dos importantes

⁴⁵BALCELLS, J., et al., Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos., España., 1992., Pp 3.

excepciones a esta definición son la distorsión provocada por las alinealidades en un circuito y los ruidos de tipo térmico en los componentes.

Cuando las interferencias perturban el funcionamiento de cualquier equipo electrónico, incapacitándolo para realizar la misión para la que fue diseñado, con riesgo para la seguridad de instalaciones y personas en caso de fallos, plantea un grave problema, tanto técnico como comercial. Es un problema técnico porque, una vez completado el diseño del equipo, se hace muy difícil su protección contra las interferencias. Es un problema comercial porque los costes se incrementan debido a las protecciones a añadir. También crea una mala imagen, tanto de producto como de empresa por culpa de los fallos y la consiguiente falta de fiabilidad.

Las interferencias electromagnéticas provocan en los sistemas digitales y analógicos desordenes de varios tipos. Los picos de tensión inducidos en las líneas de señal sensibles causan problemas, pero las líneas de alimentación (positivo, negativo y masa) son también sensible. En las situaciones de alto nivel de interferencia, tales como los ambientes industriales, el automóvil, etc., los transitorios pueden causar incluso fallos permanentes en el hardware, si el sistema no está debidamente protegido.

Los sistemas electrónicos sensibles a las interferencias consumen aproximadamente menos del 1% de toda la energía producida. El 99% restante es gastado principalmente en alumbrado, motores eléctricos y calefacción,

elementos que son mayoritariamente generadores de interferencia que pueden afectar a cualquier sistema electrónico.

Interferencia electromagnética (EMI) “se define como el deterioro de una señal electromagnética deseada a causa de una perturbación electromagnética”⁴⁶.

2.7.2. Fuentes de Interferencia⁴⁷

La interferencia electromagnética puede provenir de dos clases de fuentes: naturales y humanas. Las fuentes naturales incluyen al sol y las estrellas así como también fenómenos como las tormentas de truenos, rayos y las descargas electrostáticas. La interferencia originada por el hombre pueda tener orígenes en el uso de aparatos electromecánicos, electrónicos o eléctricos.

- **Fuentes Naturales**⁴⁸

Las radiaciones electromagnéticas generadas por los cuerpos celestes como el sol, las estrellas y galaxias pueden ser atribuidas al movimiento aleatorio de iones resultantes de la ionización termal a muy altas temperaturas. Las partes calientes de estos cuerpos, las que están expuestas al sol, emiten ruido

⁴⁶Definition of IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms., Segunda Edicion

⁴⁷ BELTRÁN, J., Estudio de la interferencia entre la red Inalámbrica de área local y el equipo médico de un hospital., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2007., Pp.30-34

⁴⁸ BELTRÁN, J., Estudio de la interferencia entre la red Inalámbrica de área local y el equipo médico de un hospital., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2007., Pp.30-34

térmico. Estas emisiones dependen de la temperatura adquirida por estos cuerpos.

La radiación del sol cambia drásticamente durante las llamaradas solares y actividades de explosiones solares.

Una distribución espectral de ruido electromagnético celestial es mostrada en la Figura II.17.

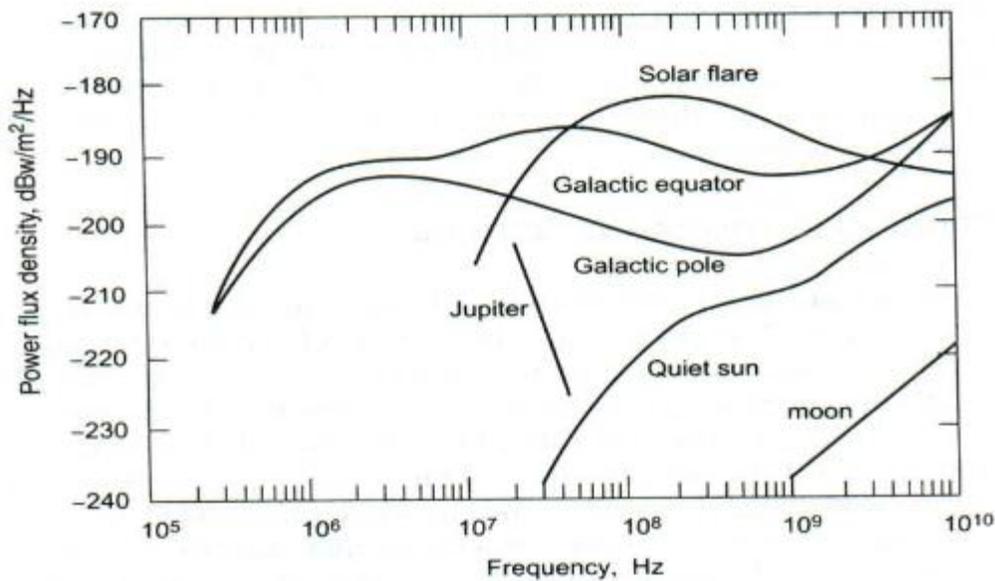


FIGURA II.17 Distribución espectral del ruido electromagnético celestial

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/640/1/CD-1557%282008-06-18-12-52-37%29.pdf>

Los niveles del ruido electromagnético emitido por fuentes cósmicas no varían significativamente con el tiempo. Pero si se presentan cambios en el ruido cósmico recibidos en un punto específico de la tierra durante el día, debido a los movimientos de traslación y rotación de la tierra. Otro tipo de fuentes naturales de

Ruido electromagnético son las descargas eléctricas en la atmósfera. De este tipo las más poderosas son los rayos y las descargas electrostáticas.

De cualquiera de los tipos de fuentes, rayos o descargas electrostáticas, es muy complejo evaluar la intensidad exacta del campo. Los modelos matemáticos están basados en aproximaciones y no pueden ser usados para evaluar con exactitud los efectos producidos.

La descarga electrostática es un fenómeno natural en el cual las cargas eléctricas estáticas acumuladas son descargadas. La electricidad estática es generada cuando dos materiales de constantes dieléctricas diferentes se frotran uno contra el otro. Esta carga estática es descargada a otro objeto el cual tienen una resistencia baja a tierra. Esta descarga genera indirectamente interferencia electromagnética.

Un pulso electromagnético puede ser generado también por una explosión nuclear. Este pulso tiene la característica que presenta una alta intensidad comparado con cualquier otra fuente natural. El pulso electromagnético (EMP por sus siglas en inglés) con lleva la generación de interferencia electromagnética en su forma más severa.

Cuando un equipo o sistema está cerca de una emisión nuclear, los rayos x o rayos interactúan con los diferentes materiales del sistema y llevan a una emisión descontrolada de electrones. El movimiento de estos electrones crea

campos electromagnéticos que a su vez podrían generar mal funcionamiento o el quemado de los sistemas electrónicos.

- **Fuentes Artificiales**

El ruido electromagnético o la interferencia generada por los aparatos electrónicos, eléctricos y electromecánicos, es el resultado de interacciones electromagnéticas dentro de dichos circuitos y sistemas,

Se detalla a continuación la Tabla II.VII que indica los datos representativos del nivel de las intensidades en varias habitaciones.

Habitación	Intensidad de Campo Eléctrico (volts por metro)
Lavandería	0.8
Comedor	0.9
Baño	1.2 – 1.5
Cocina	2.6
Dormitorio	3.3

Tabla II.VII Niveles de intensidad de campo eléctrico de diferentes habitaciones

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/640/1/CD-1557%282008-06-18-12-52-37%29.pdf>

El problema para realizar un análisis de este tipo de interferencia es que el modelo del circuito es específico para cada ítem o situación. Es prácticamente imposible generalizar en este tipo de situaciones. Es por esta razón que no se procederá a realizar un modelo generalizado sino más bien se describirá las causas y extensiones de este tipo de interferencia electromagnética.

Algunos ejemplos prácticos de sistemas que emiten señales electromagnéticas fuertes durante su operación, son los radares, equipos de comunicación, transmisores de televisión y radio.

Los amplificadores, osciladores y transmisores están normalmente diseñados para generar energía electromagnética en frecuencias designadas. Sin embargo en la vida real ellos emiten energía sobre un rango de frecuencias centradas alrededor de la frecuencia deseada, a esto es lo que se conoce como ruido en la vecindad de portadora. Los equipos también emiten armónicos y hay casos en los que también subarmónicos de la frecuencia deseada de emisión. La causa principal de la generación de las emisiones no intencionales es la no linealidad de los dispositivos activos. El proceso de la modulación es inherentemente un fenómeno de generación de ruido electromagnético.

Cuando se habla de dispositivos, se puede decir que las fuentes principales de generación de ruido son las corrientes de transientes (conocidas como de arco) durante un corto en el contacto y los repentinos cambios en dirección y magnitud de las corrientes. Por lo tanto los interruptores y los relays son las fuentes de ruido electromagnético. El ruido electromagnético resultante cubre un amplio espectro de frecuencia en varios dispositivos y elementos.

En todo equipo en el que exista interruptor, relays, motores rotatorios, generadores, son fuentes potenciales de ruido electromagnético.

La Tabla II.VIII presenta las emisiones de campo eléctrico y magnético de algunos aparatos.

Dispositivo	Intensidad de campo eléctrico (volts por metro)
Manta Eléctrica	250
Equipo de música	90
Refrigerador	60
Plancha Eléctrica	60
Tostadora	40
Televisión a color	30
Aspiradora	16
Foco incandescente	2

Tabla II.VIII Niveles de Intensidad de campo eléctrico de diferentes dispositivos

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/640/1/CD-1557%282008-06-18-12-52-37%29.pdf>

El ruido de transientes de los relays e interruptores podría destruir componentes electrónicos como circuitos integrados sensibles. El transientes podría causar interferencia a la radio y a la televisión y puede llevar al mal funcionamiento de circuitos electrónicos, especialmente circuitos digitales. Los diferentes transientes generados difieren entre ellos, por lo que no se puede realizar un modelo universal.

2.8. TIPOS DE INTERFERENCIAS

La RFI se produce por los transmisores de radio y televisión, los equipos de comunicaciones, los sistemas de televisión por cable y otros tipos de equipo que generan energía de radio frecuencia como parte de su funcionamiento. La

interferencia eléctrica es causada por las computadoras y el equipo digital, equipo fuertemente eléctrico, los sistemas de iluminación, los dispositivos eléctricos defectuosos, etc. La intermodulación es un tipo de interferencia causada por la combinación interna de señales fuertes de radio en los receptores inalámbricos⁴⁹.

2.8.1. Interferencia de Radio Frecuencia⁵⁰

Es importante comprender que lo que podría ser la interferencia para un usuario de un sistema inalámbrico podría ser entretenimiento o comunicación esencial para otros. Los sistemas de micrófono totalmente inalámbricos operan en rangos de frecuencia que son compartidos con las transmisiones de televisión o varios tipos de comunicaciones de radio. Debido a esto, los usuarios de micrófonos inalámbricos deben recordar que no tienen los derechos exclusivos sobre las frecuencias que están utilizando.

Muchos sistemas de micrófonos inalámbricos operan en bandas de frecuencia usadas para las transmisiones de televisión. Los transmisores de la televisión son generalmente bastante potentes y pueden interferir con los receptores inalámbricos a distancias muy considerables. Los sistemas inalámbricos que usan frecuencias operativas en o cerca de cualquier frecuencia usada por la transmisión de televisión, pueden esperar interferencias de moderadas a graves en ubicaciones más allá de la distancia en donde existe una buena recepción de TV.

⁴⁹ <http://www.audio-technica.com/cms/site/26971e97bf9429d3/>

⁵⁰ AUDIO-TECHNICA <http://www.audio-technica.com/cms/site/26971e97bf9429d3/>

Otros transmisores de micrófonos inalámbricos son una fuente frecuente de problemas de RFI. En algunos casos, un sistema inalámbrico incluye un transmisor body-pack y uno de mano. A menos que se tenga considerable cuidado, no es raro tener ambos transmisores accidentalmente encendidos al mismo tiempo. En esta situación, el receptor producirá un tono de audio sumamente fuerte y el sistema será completamente inutilizable.

La existencia de otros sistemas inalámbricos cercanos es una posibilidad que debe ser considerada. Los sistemas inalámbricos pueden interferir entre sí a distancias de hasta 2000 pies (600 metros) o más. No es muy raro tener la interferencia con otro sistema inalámbrico situado en un área diferente del edificio o instalación, en una casa de congregación calle abajo, o en un club a la vuelta de la esquina. El personal de noticias de la televisión y la radio también usa habitualmente micrófonos inalámbricos, así que de forma temporal, podrá haber interferencias cerca del escenario de estos eventos.

Otra fuente de interferencia son los armónicos de las estaciones de radio FM y los transmisores de comunicaciones. Los poderosos transmisores de estaciones de FM normalmente tienen una pequeña cantidad de salida al doble de su frecuencia operativa (el "segundo armónico"), y éste puede ser una fuente de interferencia para los sistemas inalámbricos que operan en banda VHF de televisión. A menos que la potencia del transmisor sea alta y el transmisor esté cerca, es rara la interferencia de esta fuente. Aun así, es mejor evitar frecuencias inalámbricas que estén cerca de los armónicos de las estaciones locales de radio FM.

Los transmisores de comunicaciones también tienen salidas armónicas que pueden interferir potencialmente con los sistemas inalámbricos. Generalmente, en casos raros cuando se experimenta la interferencia de los transmisores de comunicaciones, es como resultado de la intermodulación o de un equipo defectuoso. Los transmisores de comunicaciones desajustados o mal mantenidos pueden tener una salida armónica o salida espuria excesiva. La interferencia de esta fuente probablemente sólo se dará cuando el transmisor de comunicaciones esté cerca. A menudo, las antenas para los transmisores de comunicaciones se ubican sobre los edificios. Si el transmisor es potente y la antena está cerca, la interferencia con el sistema inalámbrico se convertirá en una posibilidad. Lo mismo puede ocurrir cuando un vehículo con potente transmisor bidireccional pase por una ubicación donde los sistemas inalámbricos estén en uso. En esta situación, las señales espurias de un transmisor con falta de ajuste o defectuoso pueden causar la interferencia. En algunos casos, la fuerte señal del transmisor puede cargar excesivamente el receptor inalámbrico y causar interferencia debido a la intermodulación.

Las salidas espurias de varios tipos de equipos de radio frecuencia son una fuente ocasional de interferencia. Los sistemas de televisión por cable, los receptores de comunicaciones, los teléfonos inalámbricos, los mandos de apertura de puertas de garajes e incluso los receptores caseros de televisión y radio FM pueden causar interferencia en algunos casos raros. Cuando se hayan eliminado las fuentes obvias de interferencia, siempre es bueno sospechar de

cualquier dispositivo electrónico capaz de transmitir o recibir una señal de radio frecuencia, o que use radio frecuencia en su funcionamiento.

Las estaciones de radio AM a veces son una fuente de interferencia. Sin embargo, en la inmensa mayoría de casos, este problema no se debe a la interferencia directa con la estación AM. Los sistemas inalámbricos operan en frecuencias muy lejanas a la de los transmisores AM y es sumamente improbable que una salida armónica o espuria de un transmisor afecte a un receptor inalámbrico. Los transmisores de radio AM a veces interfieren con muchos tipos de equipos de audio, incluyendo los mezcladores, amplificadores de potencia, procesadores y otros dispositivos que no sean de radio frecuencia.

Normalmente, la interferencia por las estaciones de radio AM es sólo un problema cuando el transmisor está cerca. Los altos niveles de energía de radio frecuencia presentes afectan directamente a la sensible circuitería de audio, normalmente al introducir el programa de AM en el sistema de audio. En general, la interferencia se capta por los cables de audio o entra a través de las líneas de alimentación, y puede incluso estar presente cuando el receptor inalámbrico se haya apagado. Las soluciones a este problema involucran el filtrado y apantallamiento de los cables de audio y alimentación - bastante diferente de las técnicas requeridas para eliminar la interferencia directa de radio frecuencia.

Resolver los problemas de RFI casi siempre involucra ya sea eliminar la fuente de la señal que está interfiriendo o cambiar la frecuencia del sistema inalámbrico.

Muchos problemas de interferencia de este tipo pueden evitarse completamente, al simplemente seleccionar las frecuencias diferentes de aquellas que ya estén en uso por la estación local de televisión y otros sistemas inalámbricos cercanos. De una manera práctica, convencer a alguien más que cambie su frecuencia u obligarle a que reparen los transmisores defectuosos no es a menudo factible, de manera que cambiar la frecuencia del sistema inalámbrico podría ser la única opción realista.

Dentro de las Interferencias de Radio Frecuencia se encuentran las siguientes:

2.8.2. Interferencia Cocanal

Estas interferencias se producen cuando otro dispositivo o cualquier aparato que emita en la misma banda que se está trabajando interfieren en el canal seleccionado y provoca que se pierdan paquetes provocando reenvíos continuos de datos. Con este panorama la conexión se ralentiza y en ocasiones se corta.

La interferencia Cocanal se presenta en un sector dada la presencia de otro sector alejado transmitiendo a la misma frecuencia (clustering - reuso de frecuencia), cuya señal llega hasta la del primero generando ruido y disminuyendo la relación Carrier versus Interferencia (C/I).

Un ejemplo típico se aprecia al utilizar el protocolo 802.11n ya que el funcionamiento se basa en él envío de múltiples ondas de radio en un punto de acceso para conseguir una mayor velocidad y en el momento que una sola de ellas es interferida , el resto ya no funciona correctamente.

El ejemplo se lo muestra en la Figura II.18 y II.19

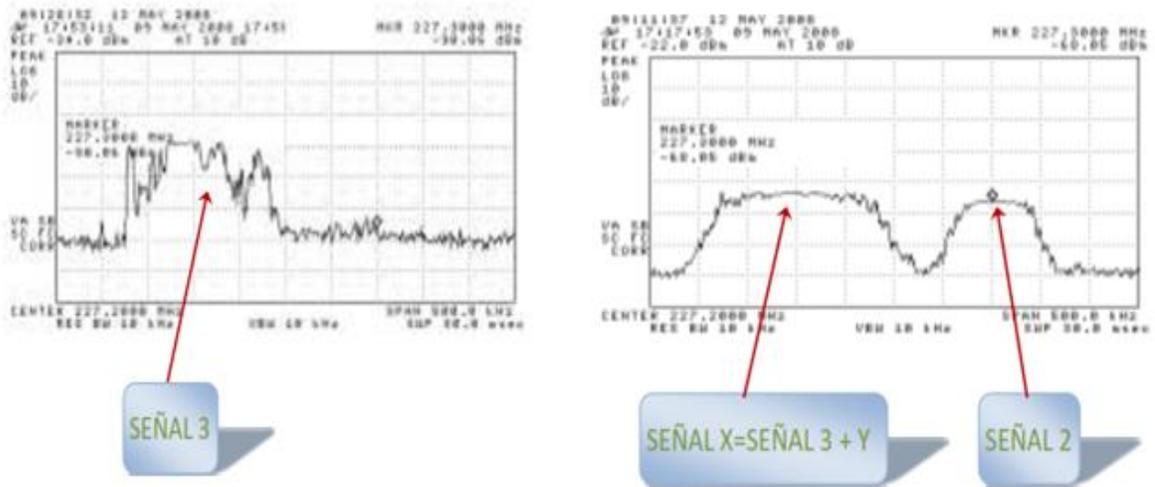


FIGURA II.18 Ejemplo No 1 de Interferencia Cocanal

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

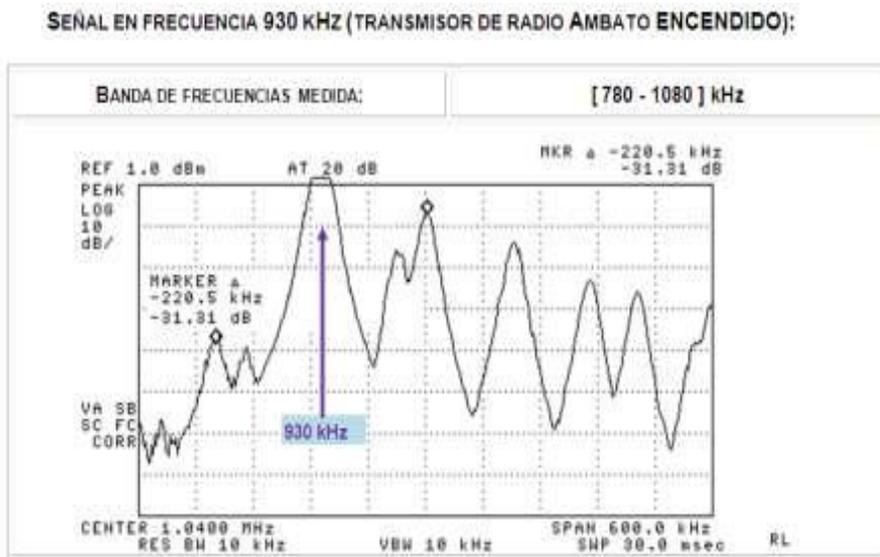


FIGURA II.19 Ejemplo No 2 de Interferencia Cocanal

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

2.8.3. Interferencia Adyacente

Igual definición que la interferencia cocanal salvo que ahora las frecuencias no coinciden, sino que la frecuencia interferente sería la inmediatamente adyacente a la de interés, denominada frecuencia adyacente, en consecuencia es una interferencia que se presenta por una señal en una banda distinta a la banda de la señal útil.

En realidad estos problemas de interferencia nunca deben surgir, porque todos receptores en el mercado son diseñados para tener separación por canal, además de los aspectos regulatorios; esto implicaría que el receptor trabajaría sin problemas aun cuando todos canales adyacentes están en el uso al mismo tiempo.

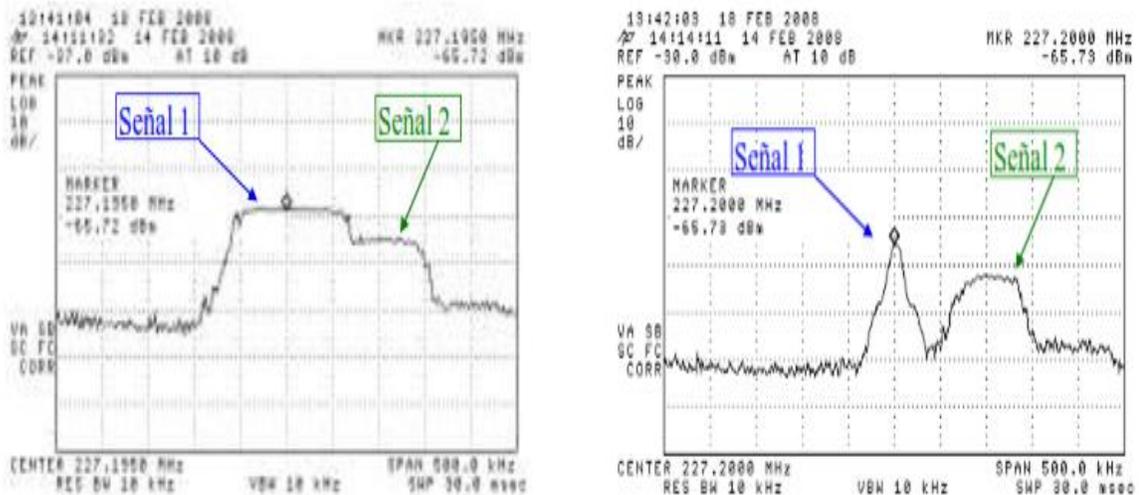


FIGURA II.20 Ejemplo No 1 de Interferencia Adyacente

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.



FIGURA II.21 Ejemplo No 2 de Interferencia Adyacente

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

2.8.4. Interferencia Eléctrica⁵¹

Generalmente, se les exige a los fabricantes que diseñen y fabriquen sus productos para que no causen interferencia dañina. En muchos casos, éste es un requisito legal porque el Gobierno ha impuesto normativas que fijan límites estrictos en la generación involuntaria de interferencia de radio frecuencia. Los fabricantes hacen todo lo que pueden para cumplir con estas normativas, porque pueden sufrir multas graves por la venta de dispositivos que no cumplan con las normas.

⁵¹ AUDIO-TECHNICA <http://www.audio-technica.com/cms/site/26971e97bf9429d3/>

Además, los equipos electrónicos que cumplen con los requisitos gubernamentales, todavía pueden interferir con los sistemas inalámbricos si no se toman ciertas precauciones. El tiempo, el uso y el mantenimiento inadecuado también pueden pasar factura al equipo y pueden causar que se vuelva una fuente de interferencia en el futuro. En algunos casos, el equipo se fabricó antes de que las normativas gubernamentales estuvieran en vigor, y puede que no hayan hecho nada para reducir la interferencia.

En esos casos donde la interferencia eléctrica se vuelve un problema, el tipo de interferencia habitual es el ruido de radio frecuencia generado por las computadoras y el equipo digital. La interferencia digital normalmente puede identificarse por su característica de silbido chillón o zumbido. La intensidad y característica del sonido normalmente cambiará a medida que la computadora realice diferentes tipos de operaciones, o cuando se cambien las configuraciones de control en un dispositivo digital. A veces, un dispositivo particular causará interferencia al procesar activamente, pero no cuando esté inactivo.

Los retardos digitales, los procesadores de efectos digitales y otro equipamiento que contenga procesadores de señales digitales DSPs (Digital Signal Processors) son más propensos a causar interferencia inalámbrica que las computadoras. Esto es porque tales dispositivos están a menudo montados en el mismo armario o bastidor del equipo como los receptores inalámbricos. Generalmente, este tipo de interferencia es sólo un problema cuando el receptor está cerca del dispositivo digital. Por ejemplo, un receptor inalámbrico que esté experimentando

interferencia grave cuando se monta directamente sobre un dispositivo digital podría estar libre de problemas cuando se mueve tan solo a 12 pulgadas (30 centímetros) de distancia de la unidad digital.

Un dispositivo digital puede generar una interferencia que viaje de regreso a través del cableado de corriente alterna o los cables de audio, alcanzando así eventualmente al receptor inalámbrico. A frecuencias más altas, la interferencia podrá viajar a veces por fuera de los cables al receptor. Separar físicamente los dispositivos y sus cables de corriente y de audio, normalmente minimizará el problema. En unos pocos casos, usar una fuente de alimentación independiente para el dispositivo digital o instalar un filtro de línea podría ser necesario.

A los fabricantes de computadoras y equipo digital se les exige que controlen la cantidad de interferencia que generan y que obtengan la aprobación gubernamental de cada uno de los modelos o tipos de equipos que venden. Sin embargo, cumpliendo las normas, a los dispositivos digitales todavía se les permite que dejen escapar una cantidad muy pequeña de interferencia, a veces lo bastante como para perturbar a un receptor inalámbrico sensible montado al lado del dispositivo. Los tornillos sueltos o perdidos del chasis también pueden aumentar enormemente la cantidad de interferencia emitida por un dispositivo digital aprobado. Además, el equipamiento más antiguo no puede estar diseñado para minimizar las interferencias ya que en el pasado las normativas no se tomaban a veces muy en serio.

Las fuentes naturales, principalmente los relámpagos, responden a sólo un porcentaje muy pequeño de los problemas eléctricos de interferencia. Los diseños mejorados han hecho a los receptores menos vulnerables a los estallidos ruidosos de radio frecuencia de los relámpagos. Sin embargo, estos estallidos ruidosos en la línea de corriente alterna entrante todavía pueden causar problemas a los receptores inalámbricos y otros adaptadores sensibles de audio, sobre todo cuando el relámpago caiga sobre las líneas de corriente. En áreas donde los relámpagos son comunes, los protectores de sobretensión con los filtros de línea de corriente alterna de alto rendimiento pueden ser una sabia inversión.

La maquinaria eléctrica y los sistemas de iluminación son fuentes de interferencia eléctrica. En la mayoría de los casos, la interferencia es el resultado de las chispas, la formación de arcos y las descargas eléctricas. En unos cuantos casos, la interferencia se causa por los dispositivos de control eléctricos como los controles de velocidad del motor, los controladores de temperatura y los reductores de luz. El equipo de alto voltaje, sobre todo los letreros de neón, también son una fuente conocida de interferencia.

Las chispas son comunes en los motores eléctricos con escobillas, particularmente en los motores más viejos, ciertos tipos de motores industriales grandes y en aquellos con controles de velocidad. Muchos aparatos caseros y herramientas pequeñas tales como aspiradoras, batidoras y taladros también usan motores con escobillas. Pueden agregarse los filtros a este tipo de motor para reducir enormemente la interferencia causada por las chispas. Sin embargo,

ésta no era una práctica común en el pasado, y además los filtros pueden omitirse de los motores actuales para reducir el coste. Los motores más viejos, usados, sucios y mal mantenidos son más propensos a causar interferencia que las nuevas unidades.

La formación de arcos no sólo es una fuente de interferencia, a menudo también presenta graves riesgos de incendio y seguridad. Aparte de la soldadura de arcos, la interferencia es normalmente causada por el cableado de corriente y equipo defectuoso, conexiones sueltas y aisladores averiados. Aunque los circuitos de alto voltaje son más propensos a formar arcos, ocurre a menudo en los circuitos de más bajo voltaje cuando los cables sueltos se friccionan unos con otros o a tierra. Los contactos eléctricos sueltos también pueden formar arcos cuando se perturban por la vibración o choque. La formación de arcos frecuentemente tiende a ser intermitente, puesto que un arco continuo pronto consume los conductores, o conduce a un corto o fallo completo. Las incidencias intermitentes hacen que encontrar la fuente exacta del problema sea más difícil.

Debido a los voltajes muy altos presentes, los letreros de neón son particularmente propensos a formar arcos. Esto generalmente ocurre cerca de los soportes del tubo o en los puntos de conexión. A menudo, los cables en los sistemas de neón se tuercen sencillamente en lugar de soldarse. Esto normalmente no afecta el funcionamiento del tubo, pero puede crear graves problemas de interferencia a los sistemas inalámbricos. Los tubos pueden inducir

altos voltajes en los objetos de metal cercanos, causando arcos secundarios en los marcos de montaje y soportes.

Los altos voltajes en los sistemas de neón también pueden causar máximos por descargas, conocidos como efecto corona que crean el ruido eléctrico. Otros dispositivos que usan altos voltajes, como los juegos de televisión y en las máquinas de rayos X, también son propensos al efecto corona y pueden causar interferencia inalámbrica. La descarga en los tubos de neón por sí misma genera una interferencia sorprendentemente pequeña en circunstancias normales. Sin embargo, si los tubos se atenúan al bajar el voltaje aplicado, hay un punto en donde generarán grandes cantidades de interferencia radio. La atenuación de las luces de neón debe evitarse si se están usando los micrófonos inalámbricos.

Los controladores eléctricos, sobre todo los reductores de luz de las lámparas y los controladores de velocidad de motores, pueden ser fuentes significativas de interferencia. Los controladores de iluminación teatral más viejos son particularmente propensos a causar interferencia, sobre todo aquellos usados con los sistemas de neón. Donde se usan las luces fluorescentes reguladas, tanto los reductores de luz como las lámparas por sí mismas son fuentes potenciales de interferencia. Los reductores de luz y los controladores modernos son mucho menos propensos a que causen problemas de interferencia, pero todavía es buena práctica mantener las antenas inalámbricas receptoras a distancia de tales dispositivos.

La interferencia de los sistemas de ignición de los automóviles fue una vez un serio problema para los sistemas inalámbricos, pero esto ya no es verdad. Las mejoras en el diseño de los receptores inalámbricos y el uso del cable resistente de ignición y las bujías de resistencia en los automóviles han eliminado prácticamente este problema. Sólo en casos muy raros un automóvil con cables defectuosos de bujías causará una interferencia notable con la ignición. Sin embargo, el problema todavía puede ocurrir con los automóviles antiguos, motores de barcos, artefactos industriales de gas, cortacéspedes y otra maquinaria sin la supresión apropiada del ruido de ignición.

2.8.5. Intermodulación⁵²

Las señales de los transmisores inalámbricos cercanas son a menudo más fuertes que las señales de las estaciones locales de televisión y frecuentemente causan sus propios problemas de intermodulación. El tercer y cuarto armónico de las señales fuertes de entrada también pueden mezclarse en varias combinaciones para crear tipos adicionales de productos de intermodulación, como pueden ser las combinaciones de tres señales de entrada. Colectivamente, estas varias combinaciones problemáticas normalmente se llaman "intermod." El funcionamiento inalámbrico fiable y sin problemas depende de evitar frecuencias que sean vulnerables al intermod.

⁵² AUDIO-TECHNICA <http://www.audio-technica.com/cms/site/26971e97bf9429d3/>

La calidad del filtrado de RF en el receptor tiene también un mayor efecto, ya que la reducción del nivel de una señal que interfiere aunque sea en una pequeña cantidad, disminuirá el nivel de cualquier producto de intermodulación generado en una cantidad mucho mayor. De esa manera, las mejoras relativamente pequeñas en las capacidades de sobrecarga de un receptor y la filtración, podrán reforzar su rendimiento de intermodulación enormemente. Ésta es una de las razones por las que un equipo de mejor calidad es menos propenso a tener problemas de interferencia que los equipos más baratos.

Los preamplificadores de radio frecuencia o los divisores activos también pueden ser fuentes de problemas de intermodulación. Una vez que un producto de intermodulación se haya generado por uno de estos dispositivos, el daño ya está hecho y ningún receptor podrá rechazar la interferencia. Por esta razón, es importante mantener bien lejos los transmisores inalámbricos de las antenas receptoras para evitar sobrecargar los preamplificadores de radio frecuencia.

A continuación se muestra en la Tabla II.IX algunas frecuencias elegidas al azar para poder indicar cómo funciona la Interferencia por intermodulación

Frecuencias Fuente		Intermodulaciones	
Frecuencias de Enlace (fe) MHz	Frecuencia generada por el equipo (f1) MHz	(fe+f1) MHz	(fe-f1) MHz
946,5	133,2338	1079,733	813,2662

Tabla II.IX Frecuencias Fuente e Intermodulaciones

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., 2011.

En las Figuras II.22, II.23, II.24 y II.25 se muestran los resultados de la Tabla II.IX.

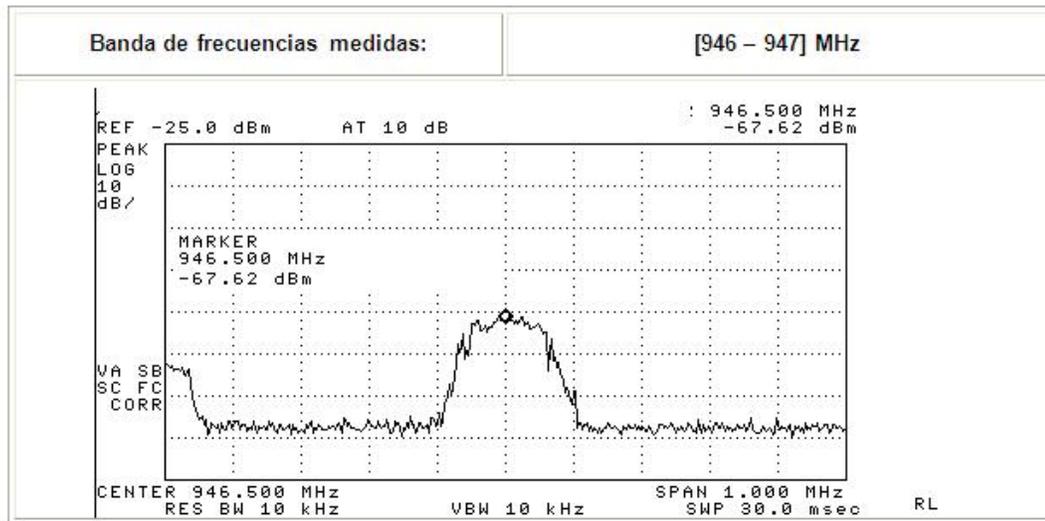


FIGURA II.20 Frecuencia de Enlace

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

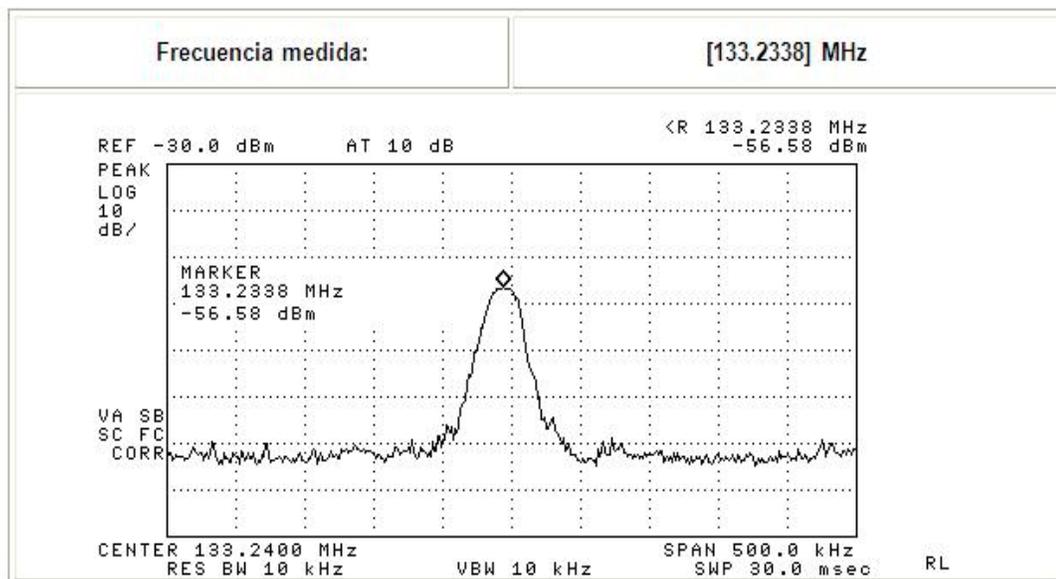


FIGURA II.21 Espuria no controlada

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

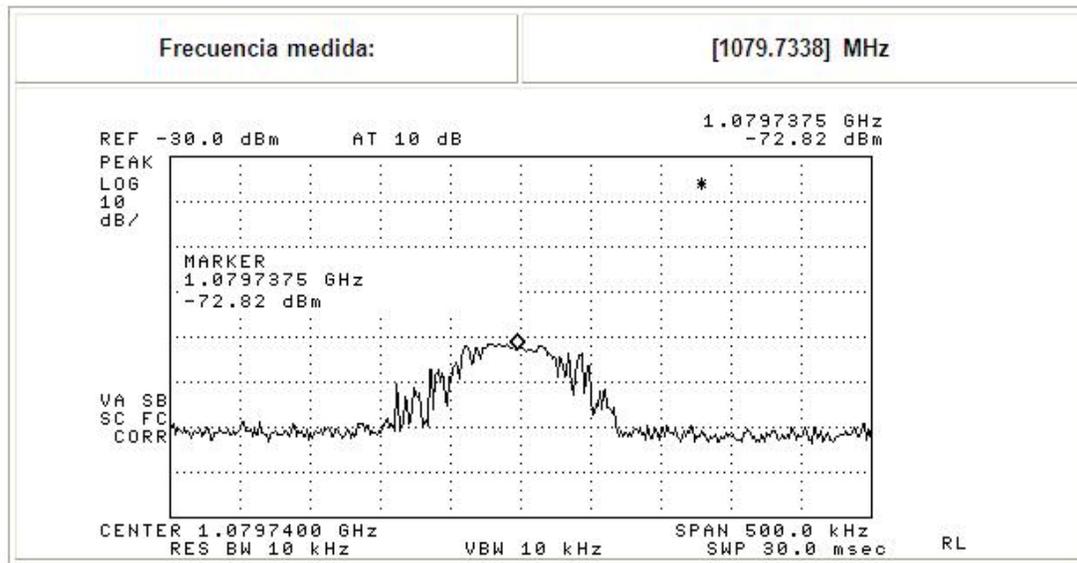


FIGURA II.22 Producto de Intermodulación 1

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

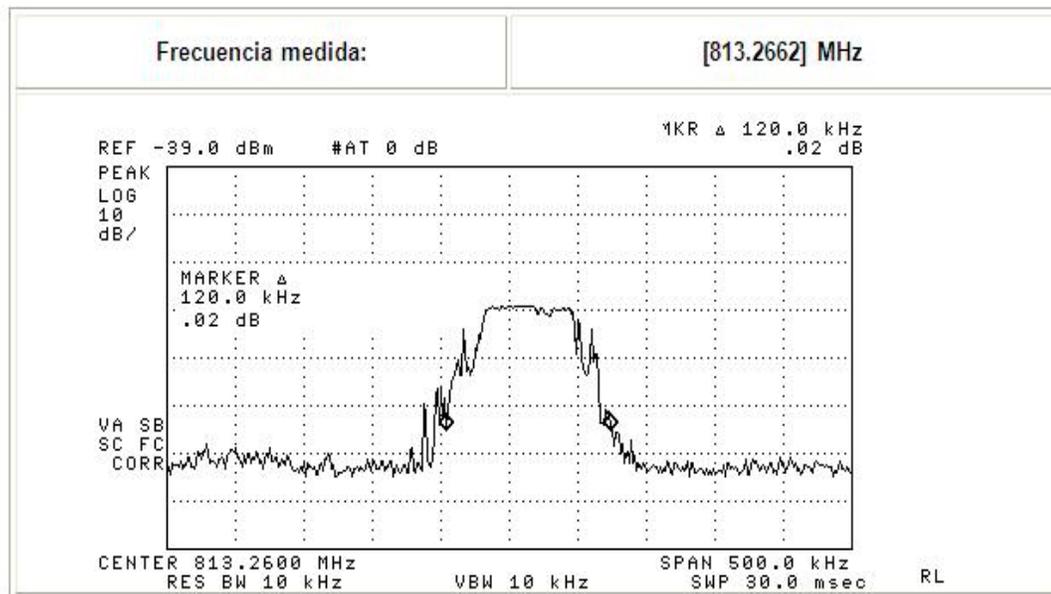


FIGURA II.23 Producto de Intermodulación 2

Fuente: CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., 2011.

2.8.6. Diferencia entre Ruido e Interferencia⁵³

Es necesario aclarar la diferencia entre los dos para que no se produzcan confusiones al momento de analizar los resultados

Se ha visto que el ruido es una condición que en la mayor parte de los casos es propio de los materiales y de la temperatura. Esto lleva a la conclusión que la presencia de ruido en el equipo no necesariamente implica un mal funcionamiento del mismo. Esto se concluye también debido a que el fabricante considera este factor al momento de elaborar los dispositivos.

La interferencia por otro lado, necesariamente implica un funcionamiento anormal del sistema pues las fuentes de interferencia al ser tan variadas y de comportamiento diferente, están pocas o nada previstas en el diseño del equipo.

2.9. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INTELIGENTES ARTIFICIALES⁵⁴

2.9.1. Definición de Sistema Inteligente Artificial

A continuación se presentan las definiciones que la Real Academia Española de la Lengua da a los términos “sistema”, “inteligencia” e “inteligencia artificial”.

⁵³ BELTRÁN, J., Estudio de la interferencia entre la red Inalámbrica de área local y el equipo médico de un hospital., Escuela Politécnica Nacional., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Quito-Ecuador., TESIS., 2007., Pp.37

⁵⁴ Félix Gómez Mármol, "Sistemas Inteligentes", Apuntes de la asignatura, profesor José Manuel Cadenas Figueredo, Universidad de Murcia, 2004.
<http://ants.inf.um.es/~felixgm/pub/others/SistemasInteligentes.pdf>

Definición Sistema.-

Conjunto de elementos que ordenadamente relacionados entre sí contribuyen a un determinado objetivo.

Denotamos como entorno a lo que rodea al sistema.

Definición Inteligencia.-

Capacidad de entender o comprender. || Capacidad de resolver problemas. || Conocimiento, comprensión, acto de comprender. || Sentido en que se puede tomar una sentencia, un dicho o una expresión. || Habilidad, destreza y experiencia.

Definición Inteligencia Artificial.-

Desarrollo y utilización de ordenadores con los que se intenta reproducir los procesos de la inteligencia humana. || Conjunto de técnicas que empleando la informática permite la realización de operaciones hasta ahora exclusivas de la inteligencia humana.

Ahora se menciona algunas definiciones nuestras:

Definición Cualificada.-

La inteligencia artificial es la parte de la ciencia de los computadores concernientes con el diseño de computadores inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asociamos con la inteligencia en la conducta humana.

Definición Operacional.-⁵⁵

Aplicamos una prueba a un sistema inteligente y a un humano para saber si una máquina es tan inteligente como una persona.

Definición por Extensión.-

Inteligencia es una capacidad o conjunto de ellas para desarrollar un conjunto de propiedades presentes en los seres biológicos en distintos grados, según su escala evolutiva.

De entre esas propiedades, destacamos las siguientes:

1. Interpretar en términos semánticos un entorno
2. Tomar decisiones acerca de las acciones a desarrollar
3. Deducir a partir de un conjunto de hechos conocidos
4. Aprender de una realidad dada de hechos
5. Abstraer
6. Planificar o simular la evolución de los modelos

Definición Artificial.-

Lo creado por el ser humano.

Definición Inteligencia Artificial.-

Máquina con comportamiento humano con las anteriores propiedades.

⁵⁵ Definición dada por Alan Turing

Definición Sistema Inteligente Artificial.-

Sistema que aprende durante su existencia y que actúa continuamente de forma interna o externa de manera que alcanza su objetivo cada vez mejor.

2.9.2. Estructura de un Sistema Inteligente Artificial



FIGURA II.24 Estructura de un Sistema Artificial

Fuente: <http://ants.inf.um.es/~felixgm/pub/others/SistemasInteligentes.pdf>

2.9.3. Fases de los Sistemas

- Introducir la información en el sistema sobre el entorno
- Los datos son tratados en el pre proceso, eliminando lo que no se necesita
- Aprendizaje de la máquina
- Dar información de cómo se ha obtenido la información y/o realimentar de nuevo la máquina

2.9.4. Objetivos Actuales del Sistema Inteligente

- Desarrollo de entornos de programación que ayuden a construir sistemas inteligentes o sistemas basados en el conocimiento.
- Desarrollo de aplicaciones.
- Desarrollo de sistemas de comunicación en lenguaje natural.
- Desarrollo de entornos de automatización.

CAPÍTULO III

MARCO PROPOSITIVO

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACION INICIAL

Con el avance tecnológico de hoy en día se nos permite tener una buena comunicación especialmente en el área de la radiodifusión sonora es éste un servicio colmado en nuestro país y especialmente en la ciudad de Riobamba, debido a su capacidad de llegar hasta los lugares más remotos y brindar el acceso y servicio a los ciudadanos y con esto también surgen los problemas en cuanto a las distintas interferencias que se produce en la banda FM de la radiodifusión actual.

En la actualidad la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes no cuenta con un Sistema Inteligente mediante el cual se puedan realizar pruebas sobre interferencias electromagnéticas para la banda de Frecuencia Modulada (FM), debido a que en la EIETR no posee con la infraestructura tecnológica necesaria para desarrollar este tipo de investigación.

El sistema inteligente permitirá realizar pruebas para saber exactamente en qué lugar de la banda de Frecuencia Modulada se está produciendo una interferencia ya sea esta cocanal, adyacente o de intermodulación, ya que el sistema descarta todas las posibles opciones hasta obtener la correcta y posteriormente realizar la simulación para que el usuario pueda visualizar.

3.2. MEDICIONES Y EQUIPOS UTILIZADOS

A continuación se detallan los equipos a utilizar con el fin de dar marcha a la investigación.

3.2.1. Transmisor FM

Los transmisores dispuestos para esta investigación son de la marca DEEP con una potencia de salida de 20mW siendo su área de cobertura de aproximadamente de 20m lo cual es ideal para realizar las pruebas necesarias para inducir interferencias de radiofrecuencia.



FIGURA III.1 Estructura Externa del Transmisor FM

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

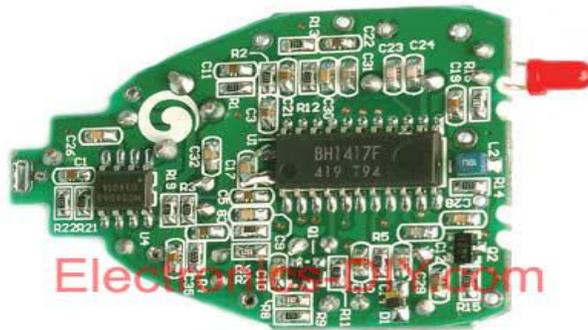


FIGURA III.2 Estructura Interna del Transmisor FM

Fuente: http://electronics-diy.com/img/BH1417_transmitter_pcb.jpg

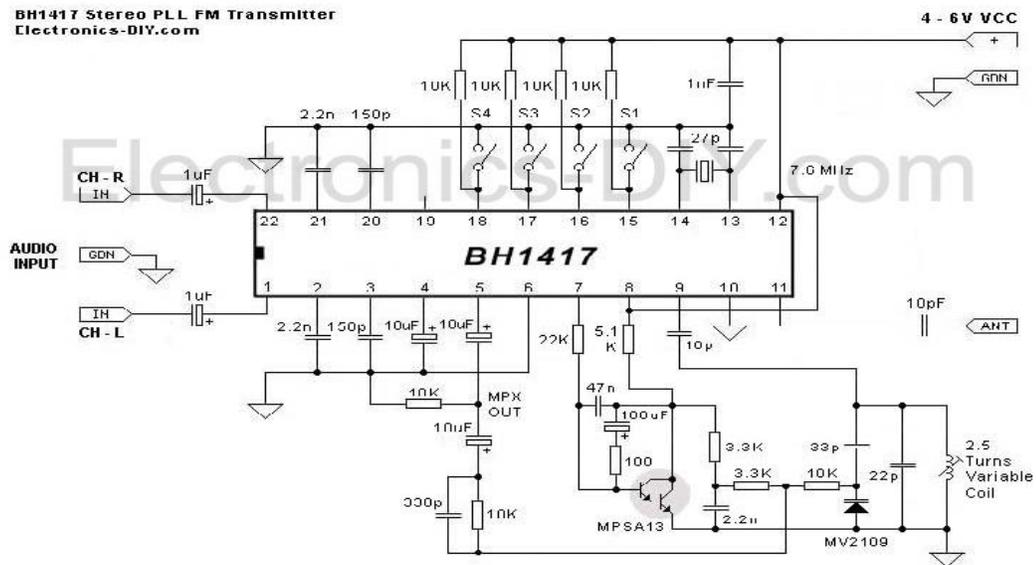


FIGURA III.3 Diagrama de un Transmisor FM

Fuente: http://electronics-diy.com/img/BH1417_PLL_Stereo_FM_Transmitter.jpg

En la Tabla III.I se puede apreciar las distintas especificaciones técnicas que posee el transmisor FM

Technical Specifications (Especificaciones Técnicas):	
Supply Voltage:	4 - 6V
Transmission Frequency:	87.7 - 88.9MHz, 106.7 - 107.9MHz (200kHz steps)
Output RF Power:	20mW
Audio Frequency:	20 - 15KHz
Separation:	40dB
Power Consumption:	30mA

Tabla III.I Especificaciones Técnicas del Transmisor FM

Fuente: http://electronics-diy.com/BH1417_PLL_Stereo_FM_Transmitter.php

3.2.2. Analizador de Espectros

El analizador de espectros a utilizar en la investigación corresponde al Modelo MS2724C el cual se describe sus principales funciones y/o características:

Los analizadores portátiles Anritsu VNA Master son los que ofrecen un rendimiento preciso con capacidades esenciales de Radiofrecuencia (RF). Estos instrumentos están diseñados para llevar a cabo mediciones de localización de fallos, mediciones de retardo de grupo a partir de 5 kHz a 20 GHz. Los modelos de Anritsu MS2724C agregan capacidades del analizador de espectro que proporcionan resultados de mediciones rápidas y precisas para el seguimiento, medición y entornos de señal de análisis. El analizador de espectro ofrece un análisis de amplio espectro con cobertura de frecuencia de 20 GHz.

Las mediciones estándar incluyen la intensidad de campo, ancho de banda ocupado (OBW), potencia de canal, relación de potencia de canal adyacente (ACPR) y relación portadora interferencia (C/I).

En la Figura III.6 se detalla las diferentes entradas que tiene el analizador de espectros modelo MS2724C.

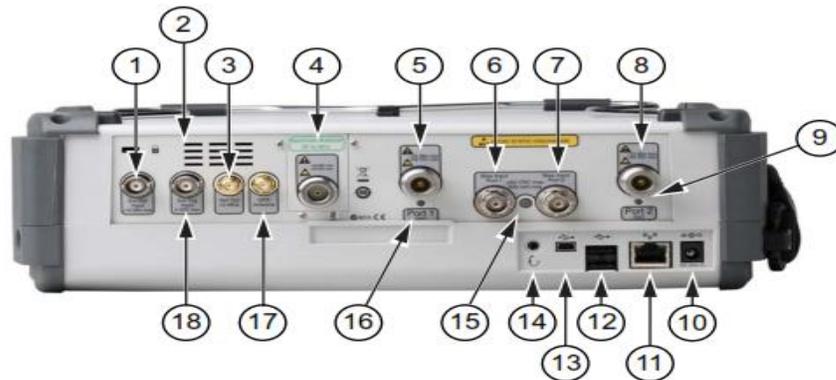


FIGURA III.6 Panel de Conectores del Analizador de Espectro Anritsu MS2724C

Fuente: User Guide-10580-00305B

1. Entrada de referencia externa
2. Ventilador
3. Referencia de salida (10 MHz)
4. Entrada de Antena RF(Radiofrecuencia) (50 ohm)
5. Puerto de prueba 1 (50 ohm) el LED correspondiente se ilumina en color verde cuando el puerto está transmitiendo.
6. Entrada de Puerto 1
7. Entrada de Puerto 2
8. Puerto de prueba 2 (50 ohm) el LED correspondiente se ilumina en color verde cuando el puerto está transmitiendo.
9. Led del puerto 2
10. Entrada de alimentación externa de energía
11. Puerto de Ethernet

12. Entrada USB tipo A (2 conectores, Full Speed USB 2.0)
13. Entrada USB tipo Mini-B (Full Speed USB 2.0)
14. Entrada de Auriculares
15. Led del Puerto Bias
16. Led del Puerto 1
17. Entrada de antenna GPS
18. Entrada externa de Trigger

3.2.4. Pantalla típica del Analizador de Espectro Anritsu Modelo MS2724C

La Figura III.7 ilustra la información sobre las principales funciones que se obtiene al analizar una señal de radiofrecuencia.

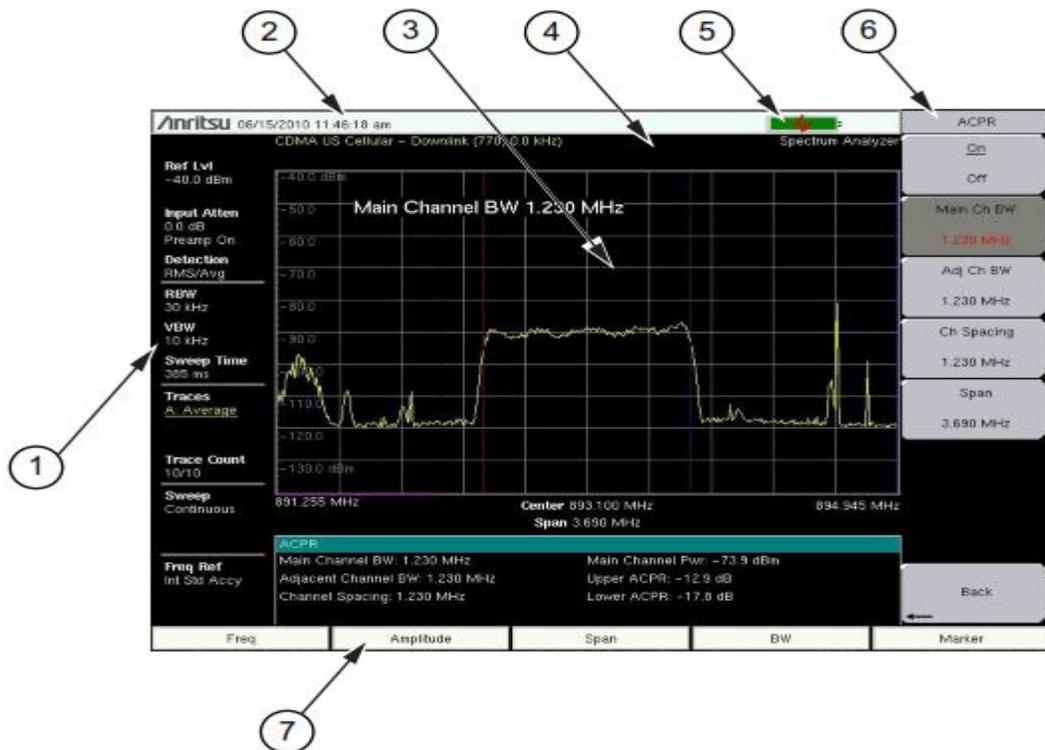


FIGURA III.7 Pantalla del Analizador de Espectro Anritsu MS2724C

Fuente: User Guide-10580-00305B

Donde:

1. Resumen de configuración del equipo (aplica solo para la señal analizada)
2. Reloj
3. Pantalla donde se muestra la medición
4. Área de trabajo del analizador
5. Indicador del nivel de carga
6. Las funciones programables en pantalla
7. Teclas de las funciones programables

3.2.5. Anritsu Master Software Tools

La herramienta de Software del Anritsu que tiene como nombre Anritsu Master Software Tools es la interfaz propia del analizador Anritsu MS2724C compatible con los sistemas operativos de Windows 2000, XP, Vista, Windows 7. Esta herramienta de software permite realizar la transferencia de archivos desde el analizador hasta la PC en donde se puede manipular las mediciones, marcadores, etc.

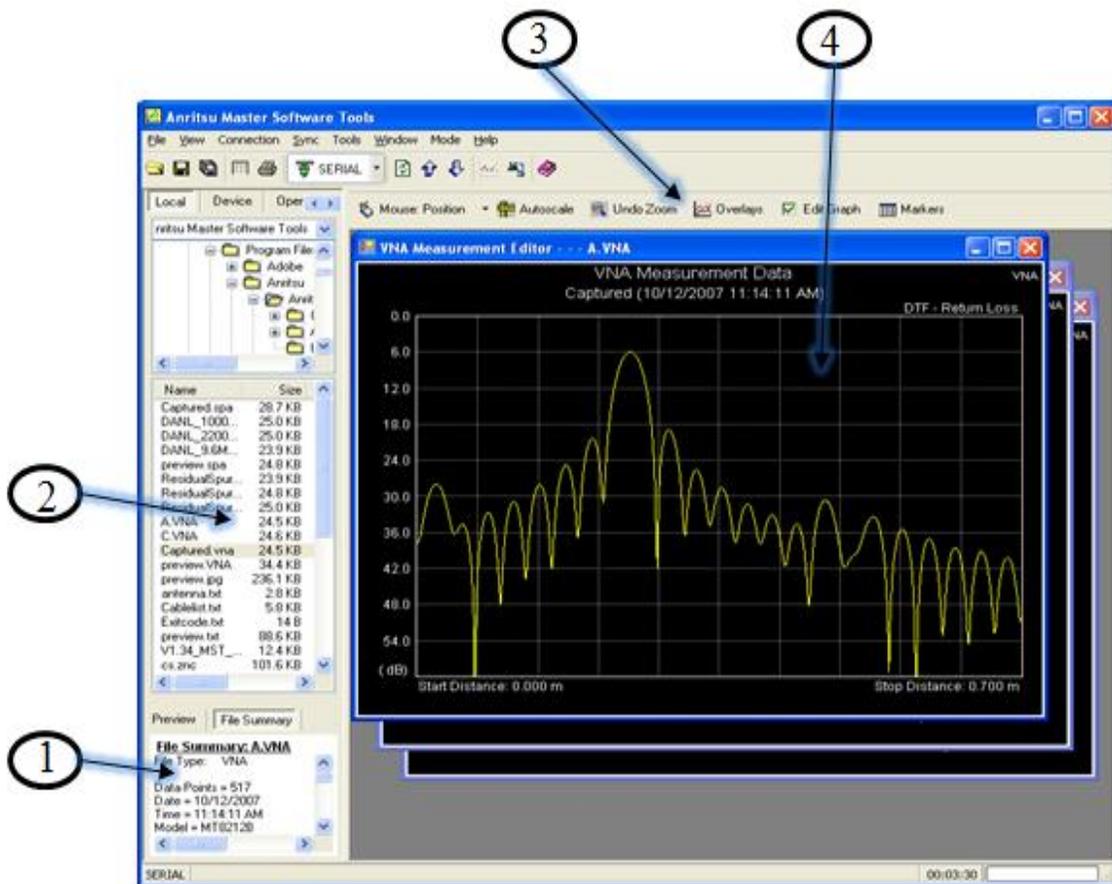


FIGURA III.8 Interfaz gráfica de usuario Anritsu Master Software Tools

Fuente: Master Software Tools User Guide

Donde:

1. Resumen con las medidas de la señal analizada
2. Lugar de origen de las señales analizadas (en este caso desde el Anritsu)
3. Funciones principales para la edición de la señal
4. Área de trabajo

La conexión entre la PC y el Analizador de Espectro tal y como lo indica la Figura III.9 es el modo como se va interactuar para recoger las medidas y posterior análisis.



FIGURA III.9 Conexión PC y Analizador de Espectro Anritsu MS2724C
 Fuente: Master Software Tools User Guide

Una vez establecido la conexión aparece la siguiente información como se indica en la Figura III.10 en la pantalla del PC del programa Anritsu Master Software Tools con lo siguiente:



FIGURA III.10 Anritsu Master Software Tools
 Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

Donde hay que destacar lo más importante para la investigación es decir de este gráfico se valora lo siguiente:

La ventana con el resumen de las mediciones, como se indica en la Figura III.11 donde se encuentran información sobre *Frequency*, *Span*, *Amplitude*, *View/Trace*, *Marker*. Cabe recalcar que para generar estas opciones se manipularon comandos de control en el analizador Anritsu MS2724C con el propósito de obtener sus principales parámetros de caracterización.

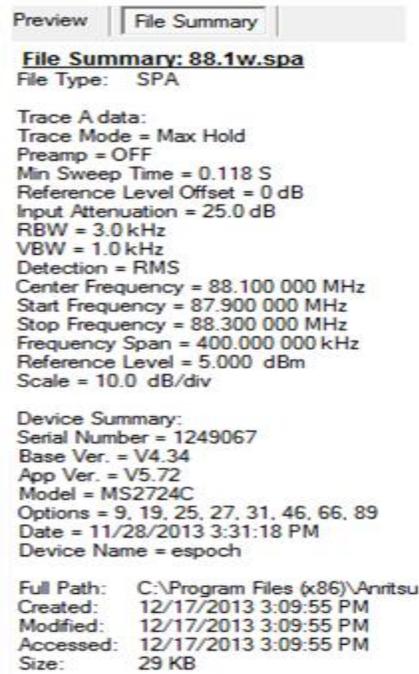


FIGURA III.11 Ventana con la Información de Mediciones

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

3.2.6. Función “Frequency”

Al analizar las señales en este caso las interferencias se inicia con la rutina de la función *Freq Start*, la cual posiciona al Analizador de Espectros en punto de inicial para el caso de la investigación se empieza en la frecuencia 87.9 MHz. La función *Freq Stop*, posiciona al Analizador de Espectros en una frecuencia de paro, es decir hasta donde se requiere ser analizada la señal en el caso de la

investigación se colocó en 88.3 MHz. La función *Freq Center*, esta rutina envía información acerca de la frecuencia central que el usuario desee, para nuestro trabajo la frecuencia asignada es de 88.1 MHz.

La tarea de la función “Frequency” se repite con las demás estaciones iniciando en la frecuencia 88.1 MHz que es la primera estación de la ciudad de Riobamba y finalizando en la estación 107.9 MHz.



FIGURA III.12 Menú de Función Frequency

Fuente: Master Software Tools User Guide

3.2.7. Funcion “Span”

Como segundo punto de importancia para el desarrollo del análisis de los datos de la investigación es el *Span* el cual hubo la necesidad de configurar según la frecuencia de inicio y de parada es decir el *Span* no es más que el ancho de la ventana del analizador de espectro con la que se quiere analizar dando a entender que con menor *Span* se tendrá una mejor visualización y precisión de

los datos medidos en el caso a analizar se debió colocar un Span de 400 kHz en la primera estación 88.1 MHz y culminó en la frecuencia 107.9 MHz.



FIGURA III.13 Menú de la función SPAN

Fuente: Master Software Tools User Guide

En la Figura III.14 se indica cómo se introduce los datos en el analizador para tener una frecuencia inicial, una central y una terminal así mismo se menciona con qué ancho de ventana o Span se quiere trabajar luego el analizador procede analizar la frecuencia.

Frequency:	
Start (MHz):	87.900000
Stop (MHz):	88.300000
Center (MHz):	88.100000
Span (MHz):	0.400000

FIGURA III.14 Ingreso de datos para la función Frequency y Span

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

3.2.8. Función “Amplitude”

Con la función “Amplitude” se desarrolla las rutinas de control correspondiente al tipo de despliegue de la señal, para la magnitud de la escala y para el nivel de referencia de la señal.

Para la investigación se da mayor importancia a la primera rutina del bloque *Amplitude- Scale/Div* el cual permite modificar el valor de la magnitud de la escala vertical y el nivel de referencia de la señal en este caso la *Amplitude- Scale/Div* que se utiliza es de 10 dB/ div.

Debido a que para la investigación se hace importante tomar los datos sin modificarlos se tiene que analizar la información tal y como se muestra en el analizador.

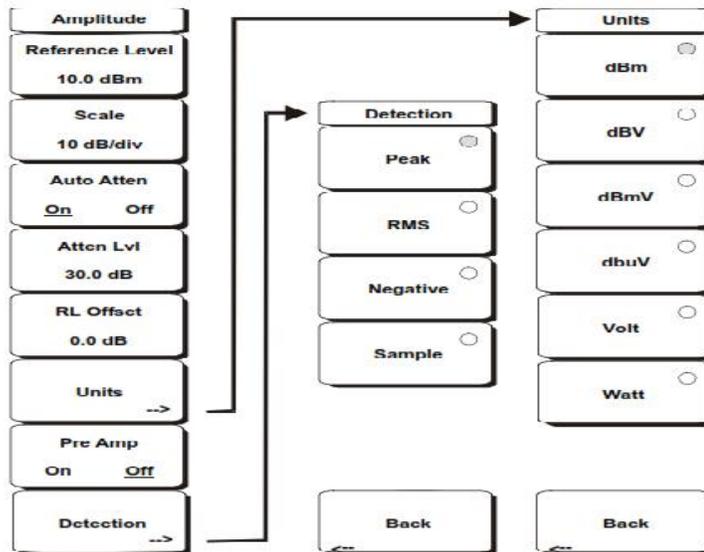


FIGURA III.15 Menú de la función Amplitude

Fuente: Master Software Tools User Guide

3.2.9. La función “Maker/Peak search”

La función “*Marker*” indica el valor de potencia de la gráfica a una determinada frecuencia la cual se la realiza manualmente es decir al momento de encender el Marker se lo posiciona en el gráfico y se lo lleva hasta colocar en el pico más alto de la frecuencia para de esta manera determinar el nivel de potencia de la señal.

Con el Marker Delta aparece un nuevo “marker” o marcador algo diferente que se superpone con el normal. El normal es el de referencia y los valores indicados por el Delta son el incremento o disminución respecto al de referencia y con esta función se puede determinar el ancho de banda de la frecuencia supervisada por el analizador de espectro. *Peak search* realiza la misma tarea de Marker Normal pero de forma automática esto no podría ser tan beneficioso ya que no estaría dirigido a la frecuencia que uno se desee y por ende no se tomaría la potencia real de la frecuencia que estaría supervisando el analizador de espectros el cual nos daría una pequeña desventaja a la hora de realizar la investigación.

Esta investigación se la analiza en la banda de frecuencia a estudiar, es decir está comprendida en el rango de 88.1 MHz hasta 107.9 MHz.

A continuación se indica en la Figura III.16 la función que realiza el “Marker”

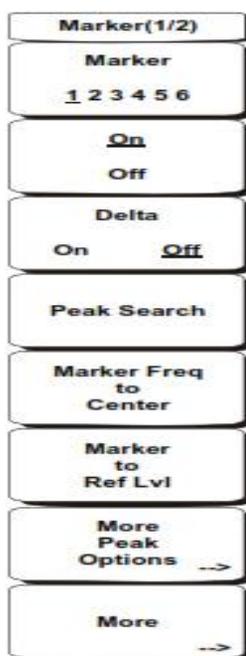


FIGURA III.16 Menú de la Función Marker
 Fuente: Master Software Tools User Guide

3.2.10. Función de Sweep Time (Tiempo de Barrido)

La función Sweep Time o también llamada Tiempo de Barrido que se utiliza en la investigación es el que establece cuanto tiempo le tomara al equipo realizar todo el barrido del rango de frecuencias configurado mediante el control SPAN, casi siempre este parámetro opera en el modo automático pero no es el caso en este investigación ya que se ha utiliza un Tiempo de Barrido Único o Sweep Time Single de 0.118 s el cual indica que se lo realiza una sola vez y este valor también depende de cuánto se haya puesto en el parámetro de SPAN que como ya se explicó se trabaja con 400 kHz y esto hace que se tenga el Sweep Time ya mencionado anteriormente.

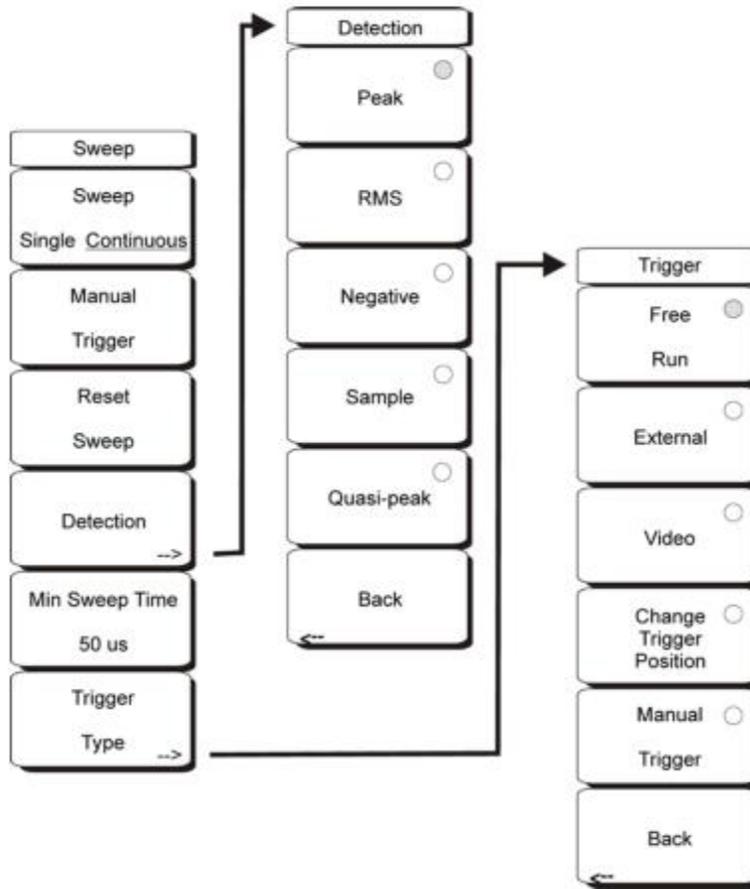


FIGURA III.17 Menú de Función Sweep Time
 Fuente: Master Software Tools User Guide

3.2.11. Función “Max Hold”

La función *Max Hold* se encuentra dentro de las funciones del *View/ Trace* es otro punto utilizado en la investigación que gestiona parámetros de representación de la medida, entre los que destacan el almacenamiento de los valores máximos en cada frecuencia y el almacenamiento de una determinada medida para poder ser comparada posteriormente, es decir mantiene en pantalla los valores máximos de los sucesivos barridos que produce el Sweep Time o Tiempo de Barrido.

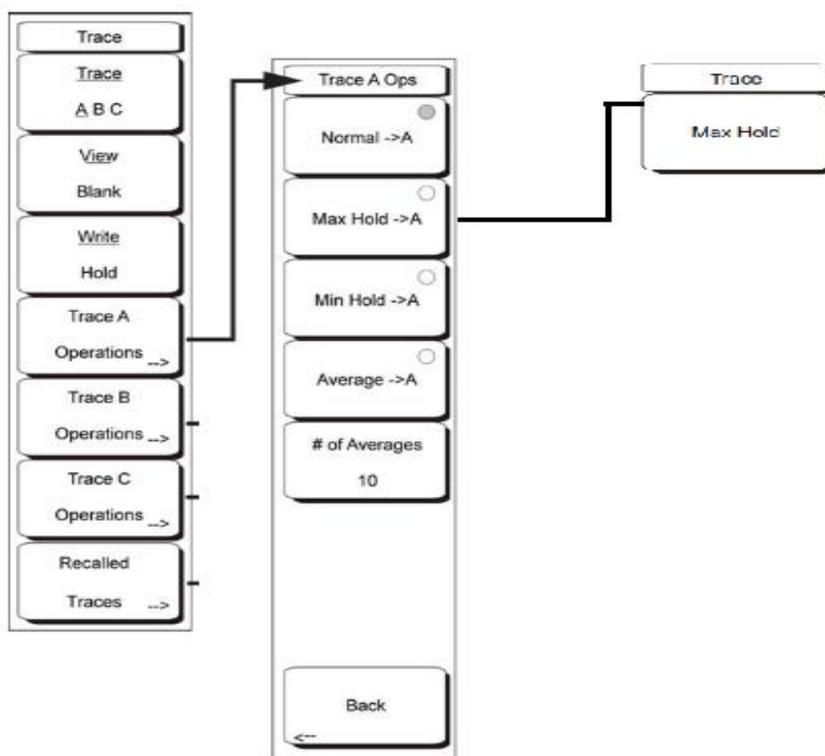


FIGURA III.18 Menú de la Función Trace

Fuente: Master Software Tools User Guide

Una vez finalizado con los parámetros a medir en un análisis del espectro se prosigue con el siguiente punto que es el de recolectar los datos esto se lo realiza de la siguiente manera:

- **Recoger los datos en hoja de Excel**

En el Software Master Tool se aprecia todas medidas que se ha hecho en el analizador de espectro, bien el paso a seguir para la recolección de datos es pasar todos estos datos a una hoja de cálculo de EXCEL en formato de CSV. El formato es utilizado en muchos programas de bases de datos con el fin de almacenar listas de información.

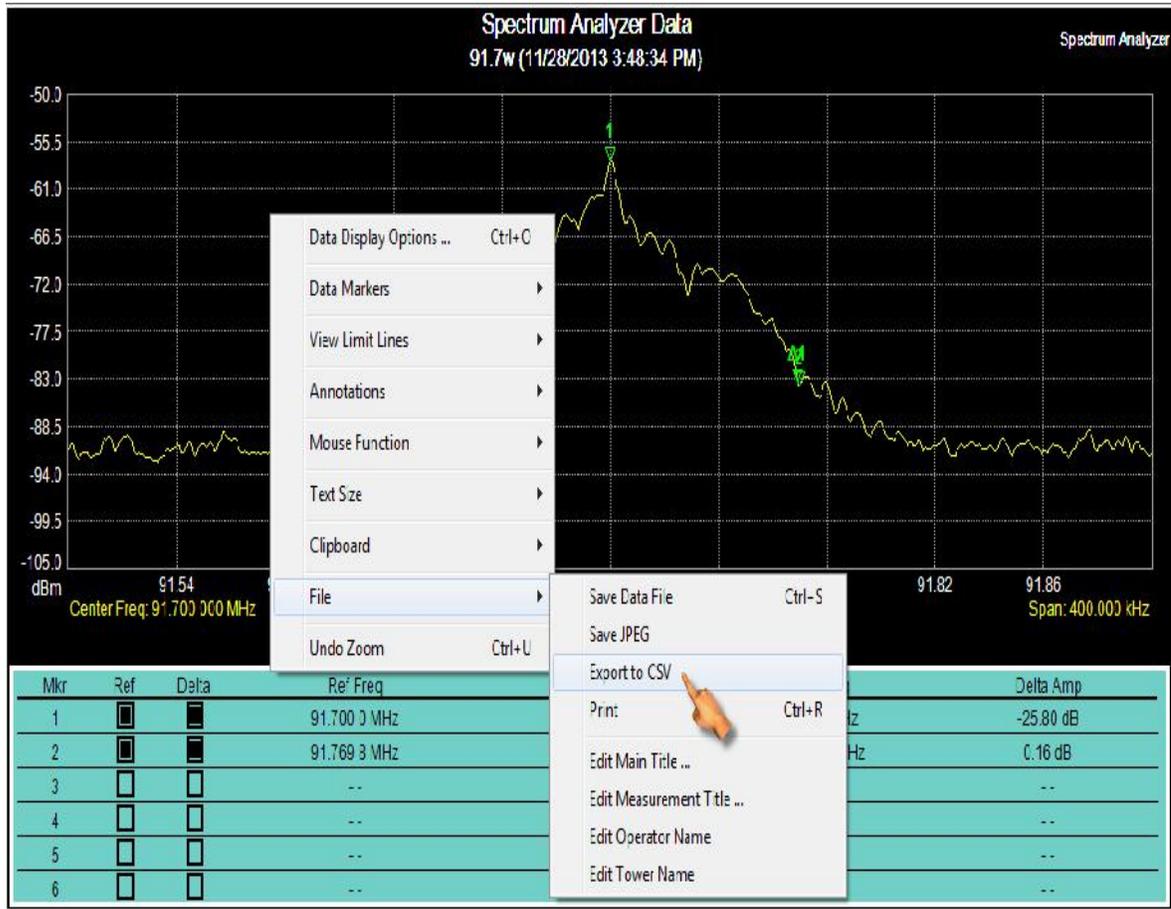


FIGURA III.19 Guardar los datos Excel con formato CSV

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

- **Abrir el archivo en Excel (Traducir Trace)**

Una vez guardado el archivo con las mediciones en formato CSV se procede a abrir la hoja de Excel para tomar del archivo el ítem # Begin TRACE A Data (Inicio de datos del tramo A) tal y como lo indica la Figura III.20, del trazo A nos interesa conocer los puntos obtenidos ya que indica la frecuencia analizada y su nivel de potencia o sea su Amplitud.

348	# Begin SPA Data	
349	<APP_DATA>	
350		
351	# Begin TRACE A Data	
352	P_0,-89.528000 , 97.500000 ,MHz	
353	P_1,-89.380000 , 97.500728 ,MHz	
354	P_2,-88.844000 , 97.501455 ,MHz	
355	P_3,-88.872000 , 97.502182 ,MHz	
356	P_4,-88.720000 , 97.502910 ,MHz	
357	P_5,-88.484000 , 97.503637 ,MHz	
358	P_6,-88.824000 , 97.504364 ,MHz	
359	P_7,-88.680000 , 97.505091 ,MHz	
360	P_8,-89.108000 , 97.505819 ,MHz	
361	P_9,-89.176000 , 97.506546 ,MHz	
362	P_10,-88.920000 , 97.507273 ,MHz	
363	P_11,-88.908000 , 97.508000 ,MHz	
364	P_12,-89.188000 , 97.508728 ,MHz	
365	P_13,-89.284000 , 97.509455 ,MHz	
366	P_14,-89.428000 , 97.510182 ,MHz	
367	P_15,-89.328000 , 97.510910 ,MHz	

FIGURA III.20 Datos del Trazo A

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

Si bien los datos mostrados en la hoja de Excel y analizados por el Anritsu MS2724C son los que nos interesa están mezclados con letras y números se debería separar en columnas los datos obtenidos del Trazo A para ello está el siguiente paso.

- **Separar los datos en columnas**

Se elige la opción Delimitados de la ventana **Asistente para convertir texto en columnas** para tener mayor precisión debido a que esta opción admite comas o tabulaciones para separar campos esto se puede apreciar mejor en la Figura III.21.

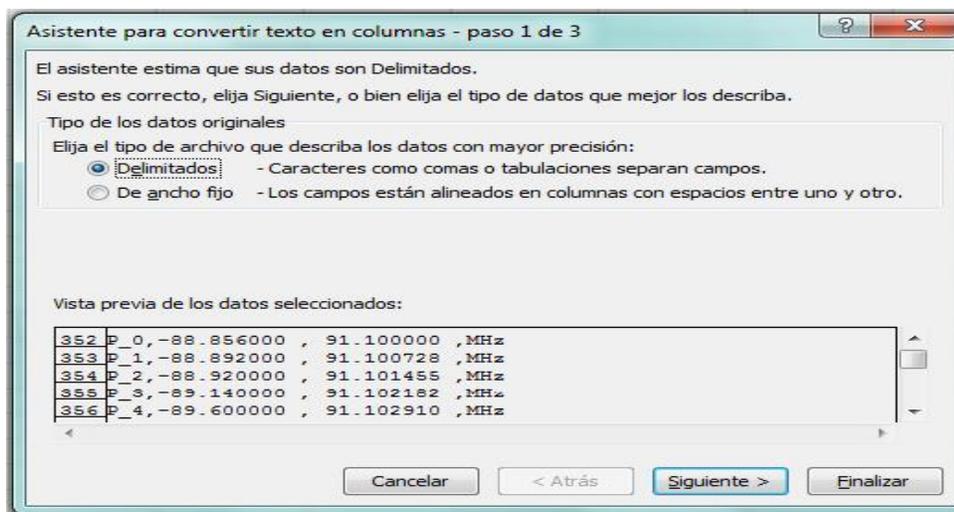


FIGURA III.21 Convertir Texto en Columnas paso 1

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

En la Figura III.22 se puede observar como los datos fueron separados en 4 columnas seguido de esto de elige la opción **Coma** de entre todos los **Separadores**.

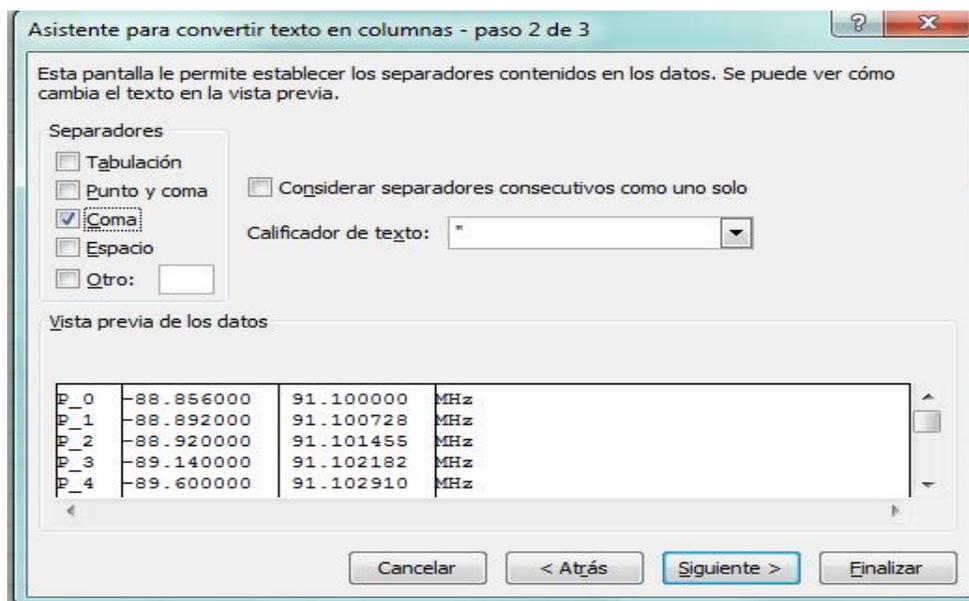


FIGURA III.22 Convertir Texto en Columnas paso 2

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

En la Figura III.23 se muestra el **Formato de los datos en columnas** donde como punto inicial se escoge la 1ra y 4ta columna de la **Vista previa de datos** para dar el formato de **No importa columna (saltar)** y finalmente la 2da y 3ra columna se le asigna el formato de **General** porque convierte los valores numéricos en números y los valores de fechas en fechas y todos los demás valores en texto lo cual es ideal para el desarrollo de la investigación.

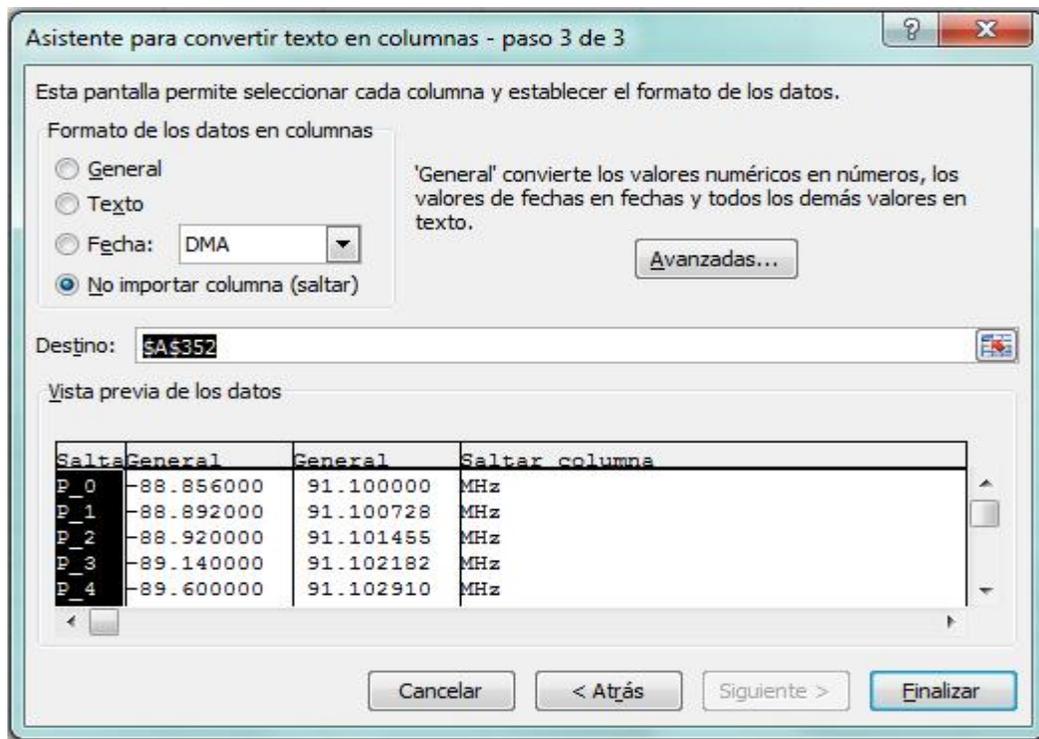


FIGURA III.23 Convertir Texto en Columnas paso 3

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

Terminado este proceso los datos quedan de la siguiente manera ver Figura III.24 y este trabajo se lo realiza para cada una de las estaciones analizadas con sus respectivas interferencias producidas por el transmisor DEEP a lo largo de la banda FM comercial.

Entonces las columnas han quedado divididas en dos la primera corresponde a la potencia medida en dBm y la segunda columna con su frecuencia medida en MHz.

1	dBm	mhz
2	-88.856.000	91.100.000
3	-88.892.000	91.100.728
4	-88.920.000	91.101.455
5	-89.140.000	91.102.182
6	-89.600.000	91.102.910
7	-90.084.000	91.103.637
8	-90.460.000	91.104.364
9	-90.908.000	91.105.091
10	-90.920.000	91.105.819
11	-90.544.000	91.106.546
12	-90.392.000	91.107.273
13	-90.608.000	91.108.001
14	-90.116.000	91.108.728
15	-89.792.000	91.109.455
16	-89.884.000	91.110.182
17	-89.340.000	91.110.910
18	-88.872.000	91.111.637
19	-88.836.000	91.112.364
20	-89.088.000	91.113.091
21	-89.392.000	91.113.819
22	-89.812.000	91.114.546

FIGURA III.24 Datos separados en columnas
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

3.2.12. Interfaces de usuario con Matlab ⁵⁶

MATLAB (abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratorio de matrices"), es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows y Apple Mac OS X.

Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación

⁵⁶ RODRIGUEZ DEL RIO, R., Graficas con Matlab., Departamento de Matemática Aplicada., Universidad Complutense de Madrid., Madrid-España., 2004., Pp.140

de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware.

El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, que son Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI).

Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets).

MATLAB es un programa de cálculo numérico orientado a matrices. Por tanto, será más eficiente si se diseñan los algoritmos en términos de matrices y vectores.

Ejemplo “Hola Mundo”:

Éste es el tradicional programa Hola Mundo hecho con el lenguaje de MATLAB:

```
>> disp('Hola Mundo');    % Muestra el mensaje  
Hola Mundo
```

3.2.13. Interface Gráfico de MatLab – GUIDE⁵⁷

Matlab GUIDE es un entorno de programación visual disponible en Matlab para realizar y ejecutar programas que necesiten ingreso continuo de datos. Tiene las

⁵⁷BARRAGÁN, D., Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1)., www.matpic.com

características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

El lenguaje más habitual para crear GUI-s es Java, ya que tiene la enorme ventaja de funcionar en cualquier máquina, sin embargo Java resulta muy lento para hacer cálculos eficientemente, y es aquí donde Matlab es más poderoso. Por otro lado, las GUI-s creadas con Matlab pueden ser entregadas al ordenador de un cliente (quien posiblemente no tenga más que un navegador) y ser ejecutadas en el ordenador de quien creó la interfaz en Matlab (y que por supuesto tiene un Matlab funcionando), de modo que la ventaja relativa de Java está parcialmente ofertada también por Matlab.

Para iniciar este proyecto, lo podemos hacer de dos maneras:

- Ejecutando la siguiente instrucción en la ventana de comandos:

```
>> guide
```

- Haciendo un click en el ícono que muestra la Figura III.25:

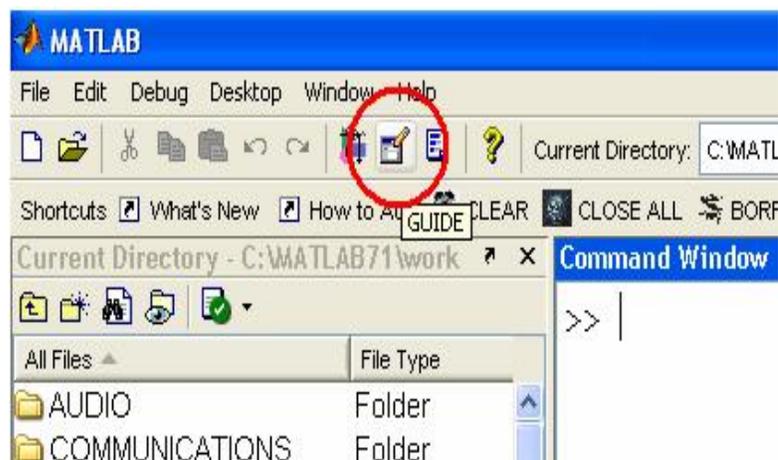


FIGURA III.25 Icono GUIDE

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

Se presenta el siguiente cuadro de diálogo:

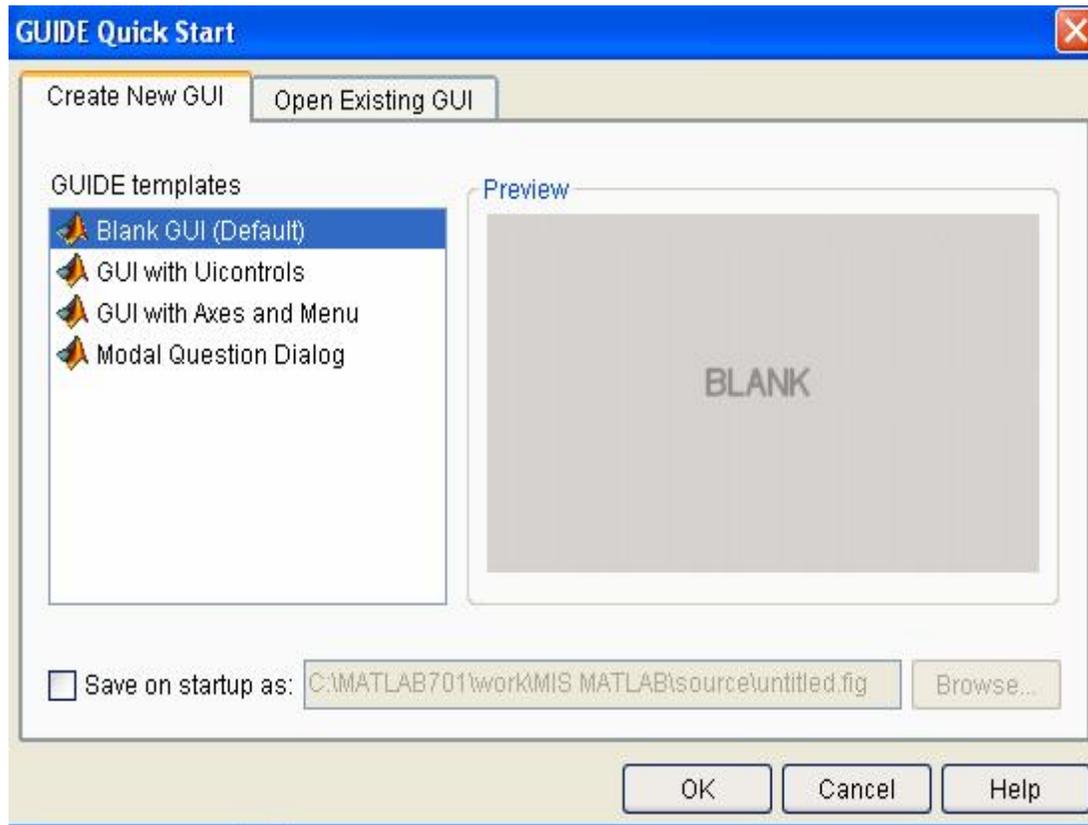


FIGURA III.26 Ventana de inicio GUIDE

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com
Se presentan las siguientes opciones:

a) Blank GUI (Default)

La opción de interfaz gráfica de usuario en blanco (viene predeterminada), presenta un formulario nuevo, en el cual se puede diseñar un programa.

b) GUI with Uicontrols

Esta opción presenta un ejemplo en el cual se calcula la masa, dada la densidad y el volumen, en alguno de los dos sistemas de unidades. Podemos ejecutar este ejemplo y obtener resultados.

c) GUI with Axes and Menu

Esta opción es otro ejemplo el cual contiene el menú File con las opciones Open, Print y Close. En el formulario tiene un Popup menu, un push button y un objeto Axes, podemos ejecutar el programa eligiendo alguna de las seis opciones que se encuentran en el menú despegable y haciendo clic en el botón de comando.

d) Modal Question Dialog

Con esta opción se muestra en la pantalla un cuadro de diálogo común, el cual consta de una pequeña imagen, una etiqueta y dos botones Yes y No, dependiendo del botón que se presione, el GUI retorna el texto seleccionado (la cadena de caracteres 'Yes' o 'No').

Se suele elegir la primera opción, Blank GUI, y tenemos:



FIGURA III.27 Entorno de diseño

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

La interfaz gráfica cuenta con las siguientes herramientas:

	Alinear objetos.
	Editor de menú.
	Editor de orden de etiqueta.
	Editor del M-file.
	Propiedades de objetos.
	Navegador de objetos.
	Grabar y ejecutar (ctrl. + T).

FIGURA III.28 Herramientas de la interfaz gráfica

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

Para obtener la etiqueta de cada elemento de la paleta de componentes ejecutamos: File>>Preferentes y seleccionamos **Show names in component palette**. Tenemos la siguiente presentación:

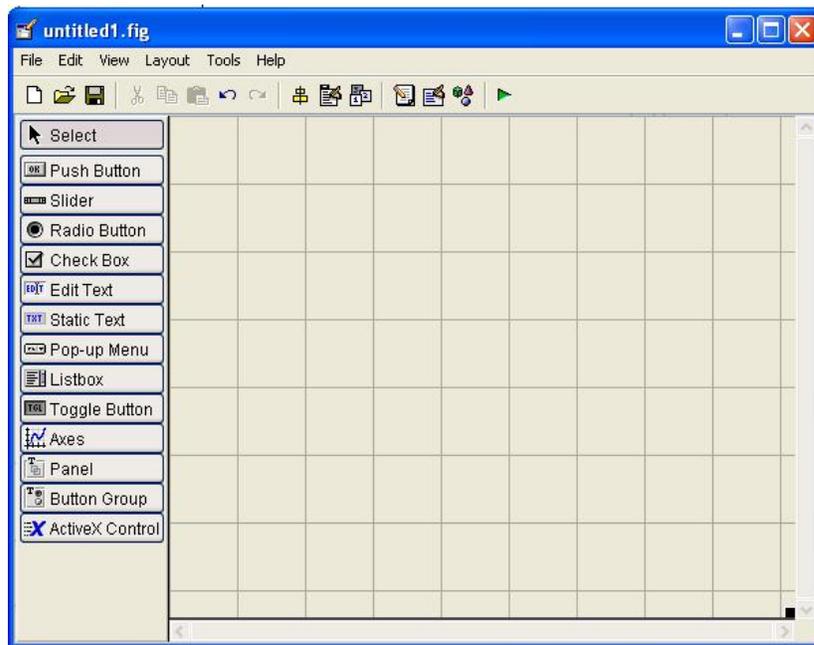


FIGURA III.29 Entorno de diseño GUI. Componentes etiquetadas

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

En la Tabla III.II muestra una descripción de los componentes:

Control	Valor de estilo	Descripción
Check box	'checkbox'	Indica el estado de una opción o atributo
Editable Text	'edit'	Caja de editar texto
Pop-up menú	'popupmenu'	Provee una lista de opciones
List Box	'listbox'	Muestra una lista deslizable
Push Button	'pushbutton'	Invoca un evento inmediatamente
Radio Button	'radio'	Indica una opción que puede ser seleccionada
Toggle Button	'togglebutton'	Solo dos estados, "on" o "off"
Slider	'slider'	Usado para representar un rango de valores
Static Text	'text'	Muestra un string de texto en una caja
Panel button		Agrupar botones como un grupo
Button Group		Permite exclusividad de selección con los radio button

Tabla III.II Descripción de los componentes

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

Propiedades de los Componentes

Cada uno de los elementos de GUI, tiene un conjunto de opciones que podemos acceder con clic derecho.

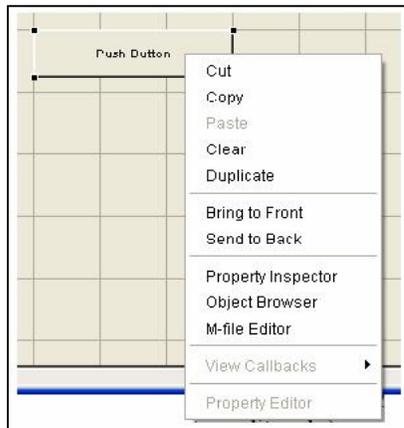


FIGURA III.30 Opciones del componente

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

La opción *Property Inspector* nos permite personalizar cada elemento.

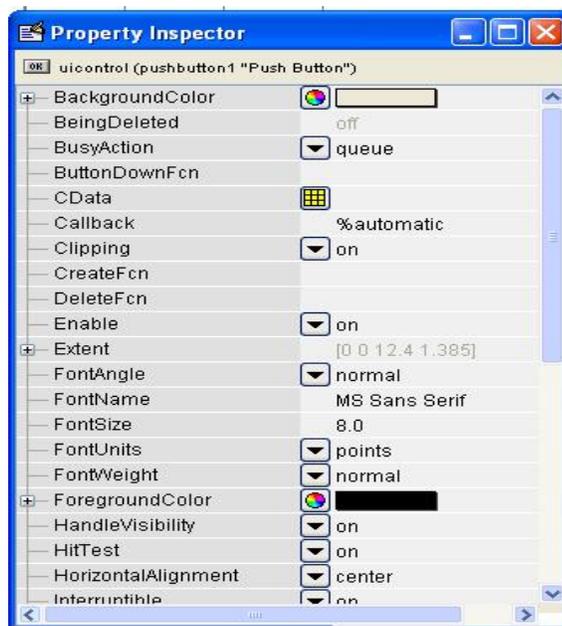


FIGURA III.31 Entorno Property Inspector

Fuente: Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab (parte 1), www.matpic.com

Al hacer clic derecho en el elemento ubicado en el área de diseño, una de las opciones más importantes es **View Callbacks**, la cual, al ejecutarla, abre el archivo .m asociado a nuestro diseño y nos posiciona en la parte del programa que corresponde a la subrutina que se ejecutará cuando se realice una determinada acción sobre el elemento que estamos editando.

Por ejemplo, al ejecutar **View Callbacks>>Callbacks** en el **Push Button**, nos ubicaremos en la parte del programa:

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved-to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

Funcionamiento de una aplicación GUI

Una aplicación GUIDE consta de dos archivos: *.m* y *.fig*. El archivo *.m* es el que contiene el código con las correspondencias de los botones de control de la interfaz y el archivo *.fig* contiene los elementos gráficos.

Cada vez que se adicione un nuevo elemento en la interfaz gráfica, se genera automáticamente código en el archivo *.m*.

Para ejecutar una Interfaz Gráfica, si la hemos etiquetado con el nombre *curso.fig*, simplemente ejecutamos en la ventana de comandos `>> curso`. O haciendo clic derecho en el m-file y seleccionando la opción *RUN*.

Manejo de datos entre los elementos de la aplicación y el archivo *.M*

Todos los valores de las propiedades de los elementos (color, valor, posición, string...) y los valores de las variables transitorias del programa se almacenan en una estructura, los cuales son accedidos mediante un único y mismo identificador para todos éstos. Tomando el programa listado anteriormente, el identificador se asigna en:

```
handles.output = hObject;
```

handles, es nuestro identificador a los datos de la aplicación. Esta definición de identificador es salvada con la siguiente instrucción:

```
guidata(hObject, handles);
```

guidata, es la sentencia para salvar los datos de la aplicación.

Aviso: *guidata* es la función que guarda las variables y propiedades de los elementos en la estructura de datos de la aplicación, por lo tanto, como regla general, en cada subrutina se debe escribir en la última línea lo siguiente:

```
guidata(hObject,handles);
```

Esta sentencia nos garantiza que cualquier cambio o asignación de propiedades o variables quede almacenado.

Por ejemplo, si dentro de una subrutina una operación dio como resultado una variable *darwin* para poder utilizarla desde el programa u otra subrutina debemos salvarla de la siguiente manera:

```
handles.diego=diego;  
guidata(hObject,handles);
```

La primera línea crea la variable *darwin* a la estructura de datos de la aplicación apuntada por *handles* y la segunda graba el valor.

Sentencias GET y SET

La asignación u obtención de valores de los componentes se realiza mediante las sentencias *get* y *set*. Por ejemplo si queremos que la variable *utpl* tenga el valor del *Slider* escribimos:

```
utpl= get(handles.slider1,'Value');
```

Notar que siempre se obtienen los datos a través de los identificadores *handles*.

Para asignar el valor a la variable *utpl* al *statictext* etiquetada como *text1*

escribimos:

```
set(handles.text1, 'String', utpl); %Escribe el valor del  
Slider...  
%en static-text
```

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

4.1. ESTABLECIMIENTO DE HARDWARE Y SOFTWARE

A continuación se procede con el desarrollo e implementación del hardware y software ya estudiados en los capítulos anteriores, con el fin de poner en marcha la investigación y su correcto funcionamiento.

4.1.1. Transmisor

A continuación se presenta en la Figura IV.1 los transmisores a ser utilizados para crear nuestro ambiente de pruebas.

Se utilizan 2 transmisores de 20mW de potencia de salida el cual cubre un área de aproximadamente 20m ideal para generar la interferencia de tipo cocanal, adyacente y de intermodulación.



FIGURA IV.1 Transmisores FM de 20mW
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.1.2. Mediciones de interferencias en el analizador de espectro

Al realizar las mediciones de interferencias a través del Anritsu MS2724C analizador de espectro se mide las interferencias emitidas por los transmisores.

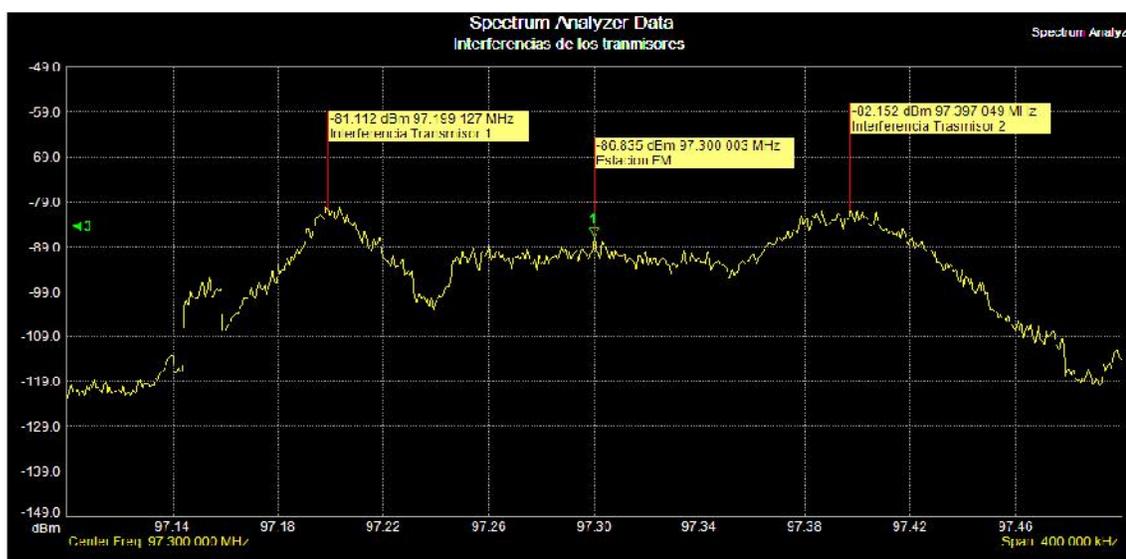


FIGURA IV.2 Interferencias de Transmisores
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.1.3. Medición Interferencia Cocanal

Para generar interferencias de tipo cocanal a través de los transmisores se procede con los siguientes 5 pasos:

1. Ubicar la estación a analizar en cualquier parte de la banda FM en este caso se ha elegido la estación original 102.1 MHz.
2. Encender los transmisores y sintonizar en la misma frecuencia original en los 2 transmisores (ver Figura IV.3).
3. Localizar con el analizador de espectros la estación 102.1 MHz como lo indica la Figura IV.4).
4. Medir el ancho de banda y la amplitud (ver Figura IV.5).
5. Guardar la medición para su posterior extracción.



FIGURA IV.3 Transmisores Encendidos para Interferencia Cocanal

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

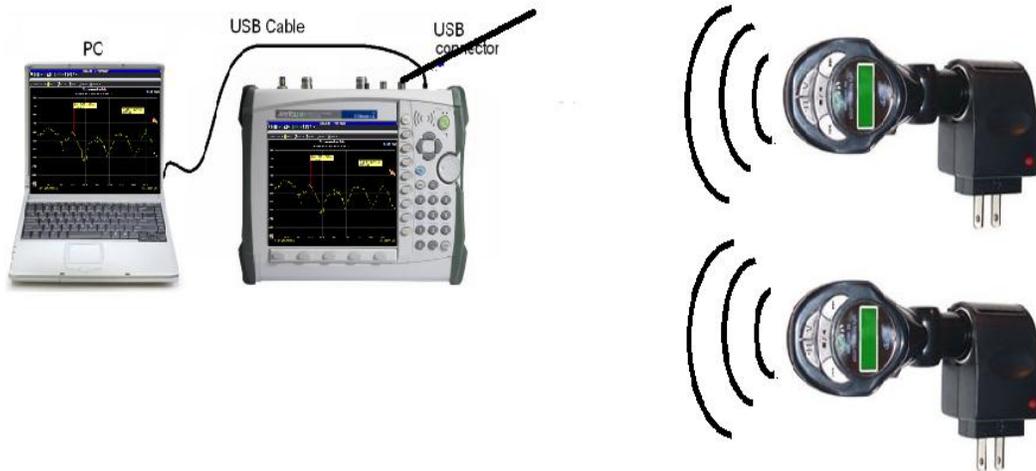


FIGURA IV.4 Ambiente de Pruebas para Interferencia Cocanal
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

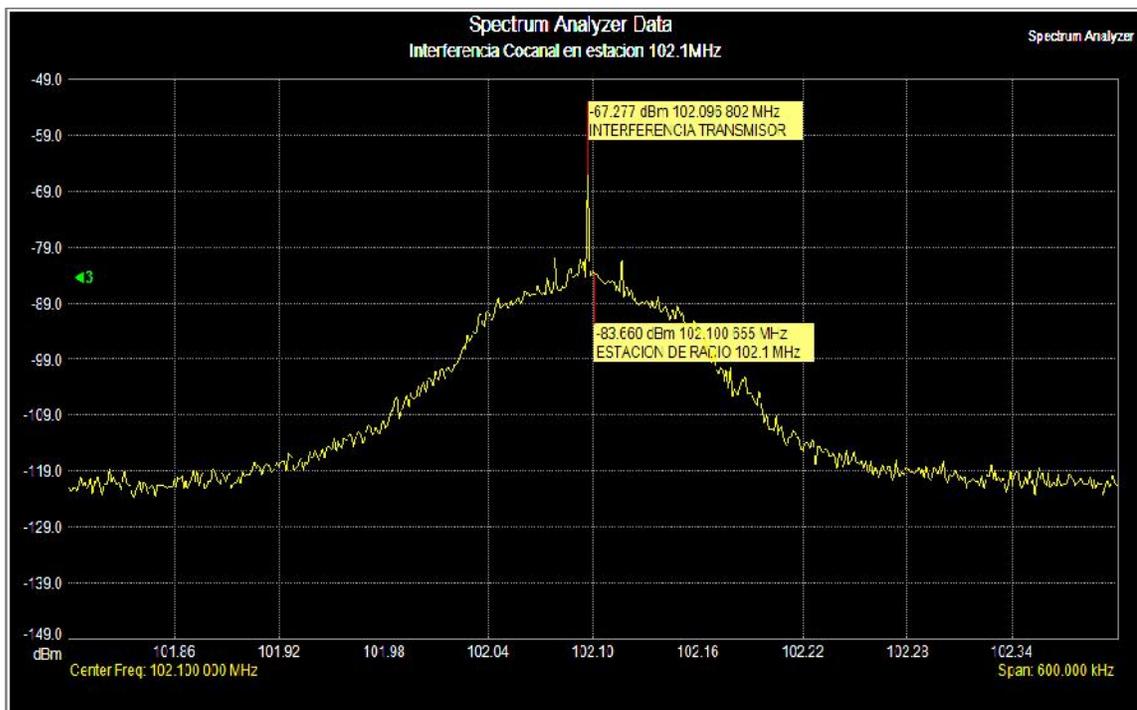


FIGURA IV.5 Pantalla del software Master Tools con Interferencia Cocanal
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.1.4. Medición Interferencia Adyacente

El procedimiento para generar interferencias de tipo adyacente se lo realiza en 5 pasos:

1. Ubicar la estación a analizar en cualquier parte de la banda FM en este caso se ha elegido la estación 88.5 MHz.
2. Encender los 2 transmisores ubicando a un trasmisor en una frecuencia menor a la estación original es decir para este caso localizamos en 88.3 MHz y un segundo transmisor en una frecuencia más alta 88.7MHz tal y como lo indica la Figura IV.6,
3. Ubicar con el analizador de espectros la estación 88.5 MHz (ver Figura IV.7).
4. Medir el ancho de banda (AB) y la amplitud de la frecuencia sintonizada.
5. Guardar la medición para su posterior extracción.



FIGURA IV.6 Transmisores Encendidos para Interferencia Adyacente
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

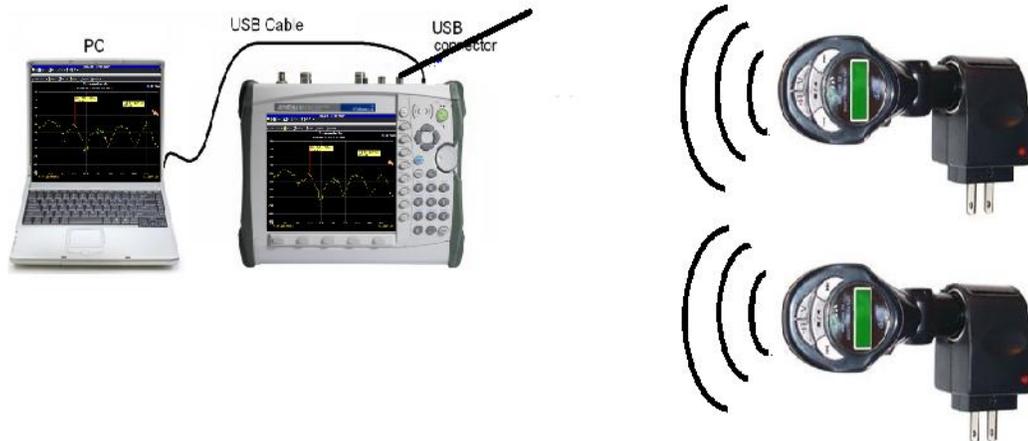


FIGURA IV.7 Ambiente de Prueba para Interferencia Adyacente
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)



FIGURA IV.8 Pantalla del software Master Tools con Interferencia Adyacente
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.1.5. Medición interferencia por intermodulación

Generar interferencias por intermodulación a través de los transmisores para ello se debe producir una señal fuerte que afecte a una determinada frecuencia de la banda FM, esto se lo realiza sintonizando la misma frecuencia en los 2 transmisores para este caso se ha escogido la frecuencia 89.0 MHz.

Al ser localizada la señal por el analizador de espectros la interferencia producida por los transmisores crea armónicos a lo largo del espectro radioeléctrico y según las operaciones matemáticas esto quiere decir que se pueden realizar n combinaciones y estas señales se ven reflejadas fuera del rango en la banda FM es decir entre 88.0 MHz y 108.0 MHz.

A continuación en la Tabla IV.I se detalla las operaciones matemáticas que se realizaron para obtener las intermodulaciones:

Frecuencias Fuente		Intermodulaciones	
Frecuencia de enlace de la estación (fe) MHz	Frecuencia generada por el equipo trasmisor (f1) MHz	(fe+f1) MHz	(fe-f1) MHz
88.9	89.0	177.9	0.1

Tabla IV.I Frecuencias Fuente e Intermodulaciones

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

Se procede a medir el ancho de banda y la amplitud de la frecuencia sintonizada en el analizador de espectro.

Se procede a guardar dicha medición para su posterior extracción.



FIGURA IV.9 Transmisores Encendidos para interferencia por Intermodulación
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

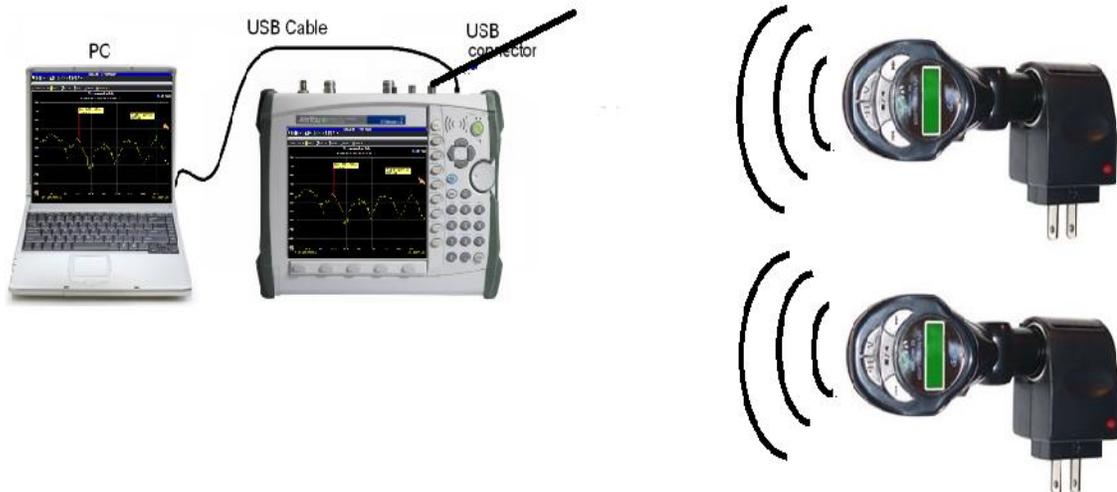


FIGURA IV.10 Ambiente de Prueba para Interferencia por Intermodulación
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

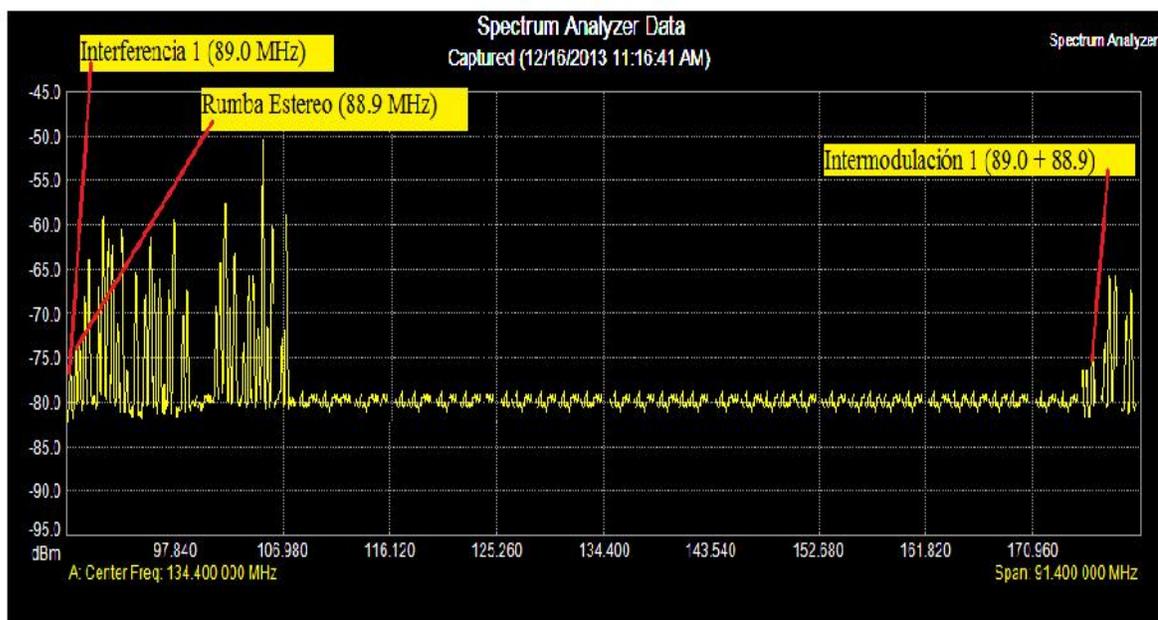


FIGURA IV.11 Pantalla del software Master Tools con Interferencia por Intermodulación 1
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

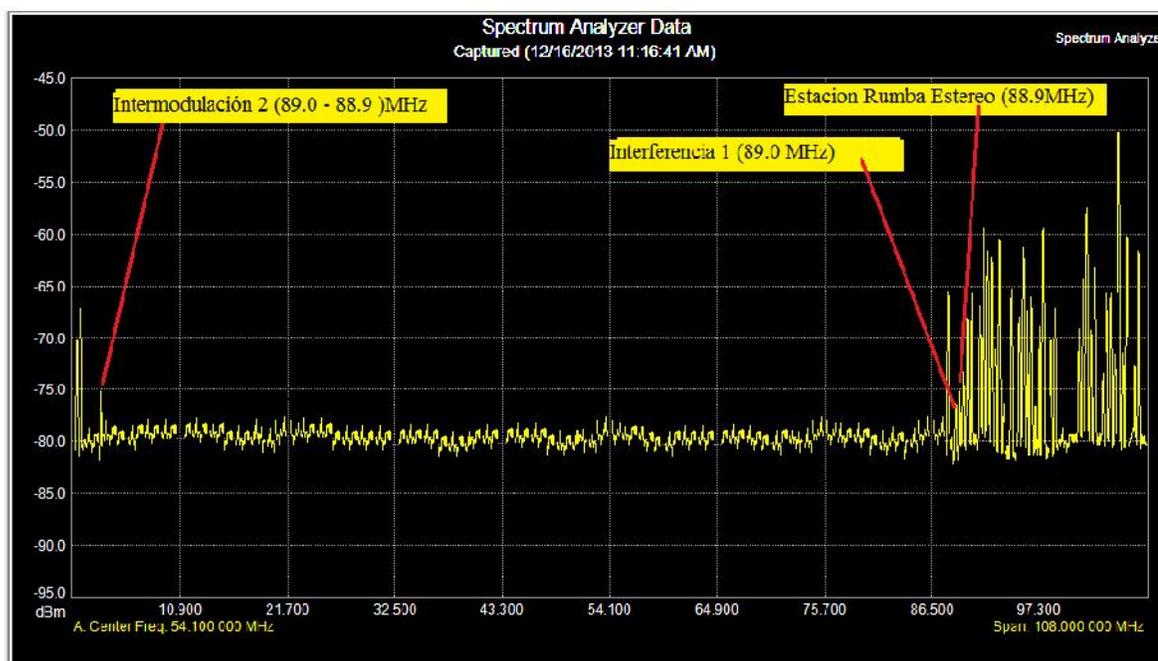


FIGURA IV.12 Pantalla del software Master Tools con Interferencia por Intermodulación 1
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.1.6. Extracción de los datos medidos por el analizador de espectros

Se extrae los datos obtenidos en las diferentes mediciones realizadas tanto de interferencias cocanal, adyacente y de intermodulación.

Para ello a través de un dispositivo de almacenamiento se copia los datos guardados en el analizador de espectro para su posterior visualización y edición en el programa Master Tools.

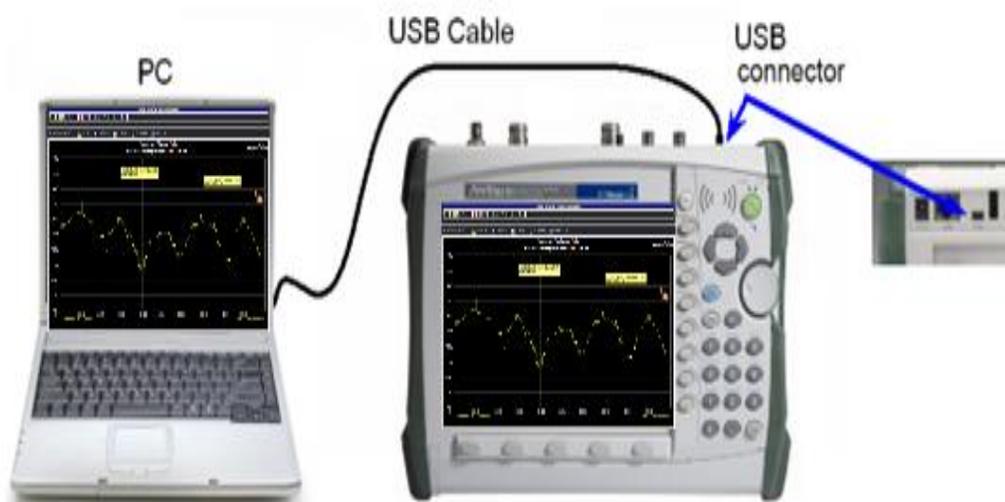


FIGURA IV.13 Extracción de Datos mediante cable USB

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

En el software del analizador de espectros, es decir el Master Tools se extraen una a una las mediciones obtenidas en el analizador de espectro para luego poder editarlas y después pasarlas al programa de creación de tablas en Excel.

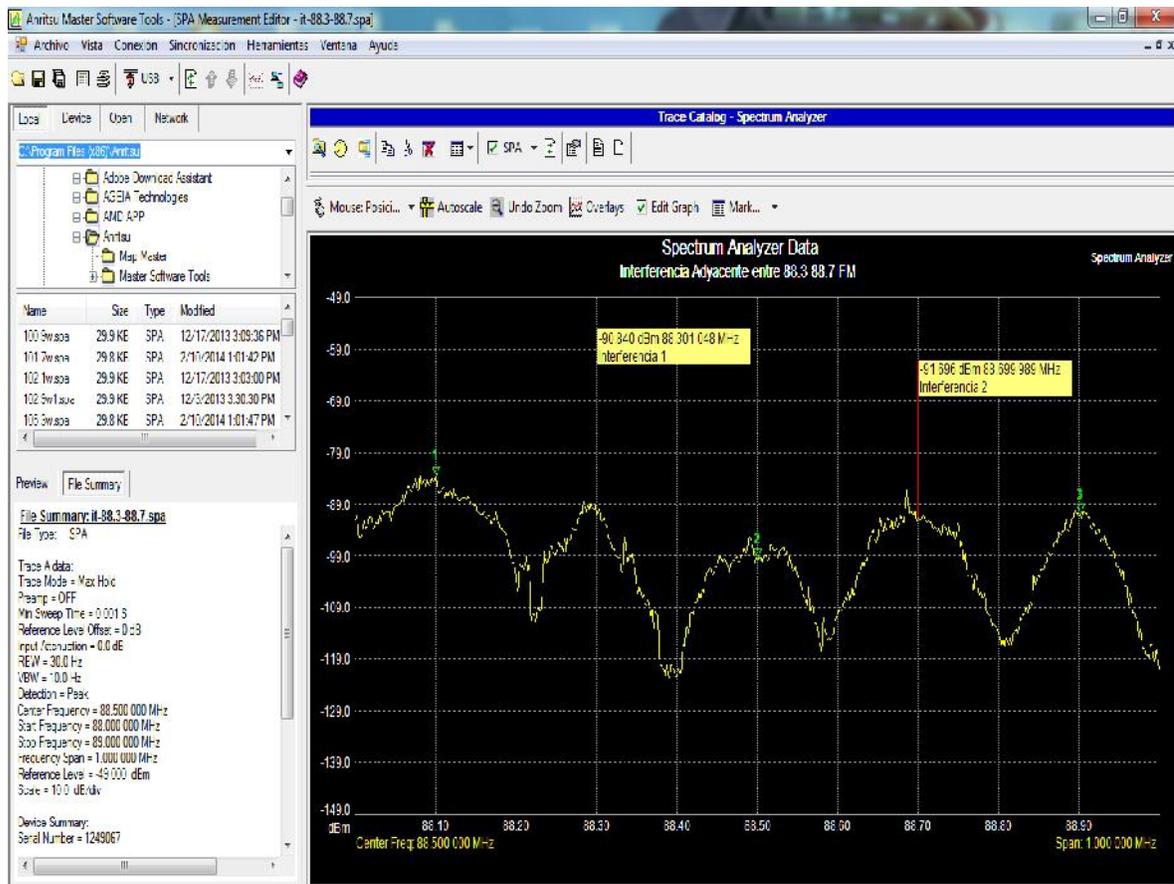


FIGURA IV.14 Interferencia analizada en el Software Master Tools

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

A través del programa Microsoft Excel se organiza las mediciones de cada interferencia por tablas indicando el ancho de banda y la amplitud de las mismas, para luego poder utilizarlas en Matlab.

Se ha escogido 2 interferencias al azar para poder indicar como se procede a seleccionar el ancho de banda y la amplitud de la señal en esta ocasión se tiene la interferencia comprendida entre 97.1 MHz y 97.4 MHz (ver Figura IV.15) y la interferencia entre 88.0 MHz 88.3 MHz (ver Figura IV.16).

Datos de la interferencia comprendida entre 97.1 MHz y 97.4 MHz

J11		fx	
	A	B	C
1	dBm	MHz	
2	-122.516.000	97.100.000	
3	-120.464.000	97.100.728	
4	-119.672.000	97.101.455	
5	-121.068.000	97.102.182	
6	-121.388.000	97.102.910	
7	-120.628.000	97.103.637	
8	-122.132.000	97.104.364	
9	-121.268.000	97.105.091	
10	-120.992.000	97.105.819	
11	-122.068.000	97.106.546	
12	-120.192.000	97.107.273	
13	-120.836.000	97.108.001	
14	-119.452.000	97.108.728	
15	-120.344.000	97.109.455	
16	-118.684.000	97.110.182	
17	-120.552.000	97.110.910	
18	-120.252.000	97.111.637	
19	-120.824.000	97.112.364	
20	-121.580.000	97.113.091	
21	-119.620.000	97.113.819	
22	-119.056.000	97.114.546	
23	-122.108.000	97.115.273	
24	-120.168.000	97.116.000	
25	-121.568.000	97.116.728	
26	-121.348.000	97.117.455	

Hoja1 Hoja2 Hoja3

Listo

FIGURA IV.15 Medidas de la Interferencia comprendida entre 97.1MHz hasta 97.4 MHz
 Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

Datos de la interferencia comprendida entre 88.0 MHz y 88.3 MHz

J12			
	A	B	C
1	dBm	MHz	
2	-92.032.000	88.000.000	
3	-91.076.000	88.001.819	
4	-94.876.000	88.003.637	
5	-95.564.000	88.005.455	
6	-95.076.000	88.007.273	
7	-93.832.000	88.009.091	
8	-92.176.000	88.010.910	
9	-93.544.000	88.012.728	
10	-93.336.000	88.014.546	
11	-91.956.000	88.016.364	
12	-91.128.000	88.018.182	
13	-91.728.000	88.020.000	
14	-93.632.000	88.021.819	
15	-93.232.000	88.023.637	
16	-92.544.000	88.025.455	
17	-92.732.000	88.027.273	
18	-90.808.000	88.029.091	
19	-92.160.000	88.030.910	
20	-90.328.000	88.032.728	
21	-91.016.000	88.034.546	
22	-90.796.000	88.036.364	
23	-90.308.000	88.038.182	
24	-90.636.000	88.040.001	
25	-89.992.000	88.041.819	
26	-92.160.000	88.043.637	

FIGURA IV.16 Medidas de la Interferencia comprendida entre 88.0 MHz hasta 88.3 MHz
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE

Como se menciona en el Capítulo III el lenguaje de programación a utilizar para el desarrollo de nuestro sistema inteligente será Matlab ya que este es un lenguaje

Matemático de alto nivel y es el que más se ajusta a nuestras necesidades como tener un rápido aprendizaje y es compatible con el sistema operativo Windows 7.

El código desarrollado para el sistema inteligente pueda identificar de una manera autónoma y eficaz que tipo de interferencia fue creado en nuestro ambiente de pruebas y su respectivo ancho de banda y amplitud así como también poder representarlo gráficamente ver Anexo N° 3.

```

n = length(vector);
if w>220
    for i=1:n
        if vector(i)==x
            z=vector(i);
            disp('existe una interferencia adyacente en la frecuencia')
            disp(z)
            disp('su representacion grafica es la siguiente')
            [numerics, string] = xlsread('interferenciasoriginales.xls');
            xlabel('RANGO')
            ylabel('AMPLITUD')
            title('FRECUENCIA')
            hold on
            grid on
            plot(numerics(:,i))
        end
    end
else
    if a>30
        for i=1:n
            if vector(i)==x
                z=vector(i);
                disp('existe una interferencia cocanal en la frecuencia')
                disp(z)
                [numerics, string] = xlsread('interferenciasoriginales.xls');
                xlabel('RANGO')
                ylabel('AMPLITUD')
                title('FRECUENCIA')
                hold on
                grid on
                plot(numerics(:,i))
            end
        end
    end
end

```

FIGURA IV.17 Función desde el Command Window para proceder a ejecutar el programa.
Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

En la Figura IV.18 se indica el ingreso de las interferencias desde la pantalla de Command Window.

```

Command Window
disp('su representacion grafica es la siguiente')
[numerics, string] = xlsread('interferenciasoriginales.xls');
xlabel('RANGO')
ylabel('AMPLITUD')
title('FRECUENCIA')
hold on
grid on
plot(numerics(:,i))

end

end

else
if a>30
for i=1:n
if vector(i)==x
z=vector(i);
disp('existe una interferencia cocanal en la frecuencia')
disp(z)
[numerics, string] = xlsread('interferenciasoriginales.xls');
xlabel('RANGO')
ylabel('AMPLITUD')
title('FRECUENCIA')
hold on
grid on
plot(numerics(:,i))

end

end

end

end

ingrese el ancho de banda de la interferencia: 250
ingrese la frecuencia de la interferencia: 88.1
ingrese el amplitud de la interferencia: 60
>>

```

FIGURA IV.18 Ingreso de los datos de la interferencia en el Command Window

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

En la Figura IV.19 se muestra el resultado del análisis que realiza por parte del sistema inteligente.

```

Command Window
title('FRECUENCIA')
hold on
grid on
plot(numerics(:,i))

end

else
end

if a>30
for i=1:n
if vector(i)==x
z=vector(i);
disp('existe una interferencia cocanal en la frecuencia')
disp(z)
[numerics, string] = xlsread('aaaa.xls');
xlabel('RANGO')
ylabel('AMPLITUD')
title('FRECUENCIA')
hold on
grid on
plot(numerics(:,i))

end

end

end

ingrese el ancho de banda de la interferencia: 250
ingrese la frecuencia de la interferencia: 88.5
ingrese el amplitud de la interferencia: 60
existe una interferencia adyacente en la frecuencia
88.5000

su representacion grafica es la siguiente
fx

```

FIGURA IV.19 Resultado del análisis de la interferencia

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.3. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

En esta etapa del diseño del sistema inteligente hemos utilizado una herramienta propia de Matlab que es el GUIDE, sirve como interfaz gráfica para que el usuario tenga un fácil manejo del sistema inteligente.

Como ya se mencionó en el Capítulo III sobre el funcionamiento del GUIDE primero hay que identificar cuantas ventanas se utilizará en nuestra interfaz e ir añadiendo los botones necesarios en cada una de ellas y tiene la siguiente estructura:

- Pantalla de Inicio

Consta básicamente en la parte central de la pantalla de una imagen corporativa de la de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH, en la posición central de la pantalla se diseñó un botón que permite acceso al Sistema Inteligente, Figura IV.20.



FIGURA IV.20 Pantalla inicial del sistema inteligente

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

- Área de Simulación de las Interferencias

En esta zona podemos encontrar dos áreas de trabajo la que está en la parte izquierda simula la interferencia por del transmisor FM, en la parte derecha encontramos la simulación de la frecuencia de la estación emisora FM, en la parte inferior derecha tenemos 4 botones el primero “Frecuencia Original” que nos indica la frecuencia de estación de radio que deseamos buscar para aplicarle una interferencia, el segundo botón “Interferencia” con esta opción buscamos una interferencia para simular, el tercer botón “Simular” con esta opción tenemos la posibilidad de simular la Frecuencia Original y la Interferencia al mismo tiempo, y por ultimo tenemos el cuarto botón “Open Anritsu” con esta última opción se puede manipular la interfaz gráfica del Analizador de Espectro. Figura IV.21.

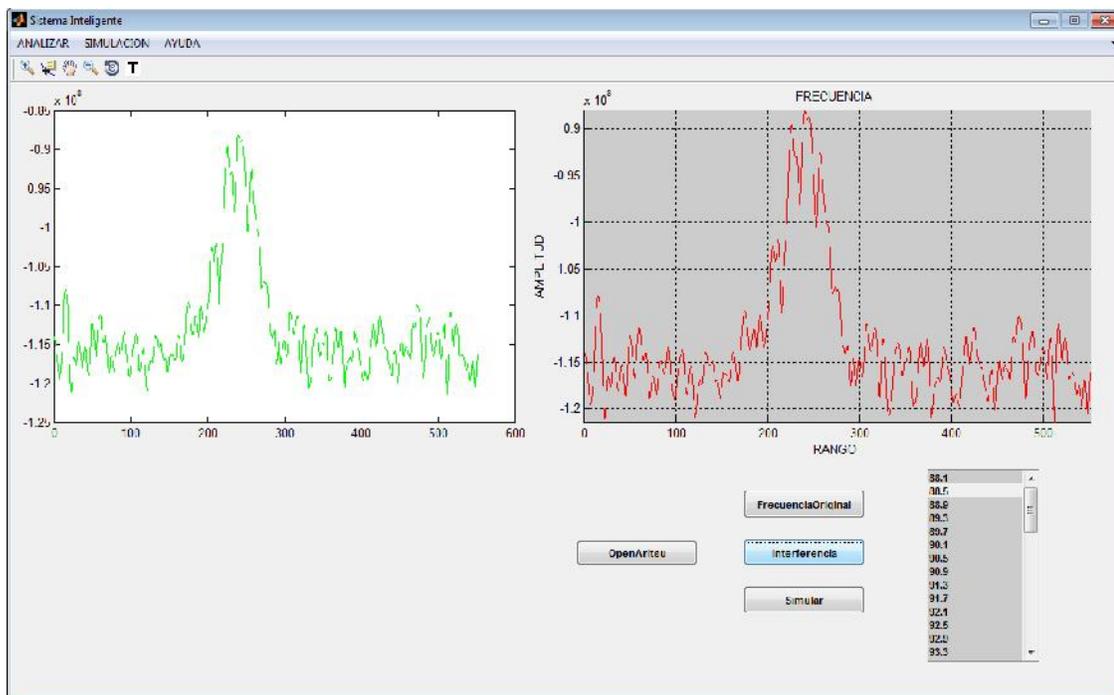


FIGURA IV.21 Pantalla con el tipo de interferencias del sistema inteligente

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

- Área de Análisis del Sistema Inteligente

En este espacio se despliega dos botones uno con la opción “Abrir” donde cargamos el archivo con la interfencia a analizar y la frecuencia de estación de radio FM, el segundo botón “Analizar” donde el Sistema Inteligente procede con el analisis correspondiente es decir nos arroja el resultado de lo que estamos buscando en este caso el resultado esperado es ubicarnos donde esta la interferencia y a que estación de radio FM está afectando y seguido de este análisis también nos indica mediante un gráfico estadístico si el ancho de banda y la potencia esta aumentando o disminuyendo. Ver Figura IV.22.

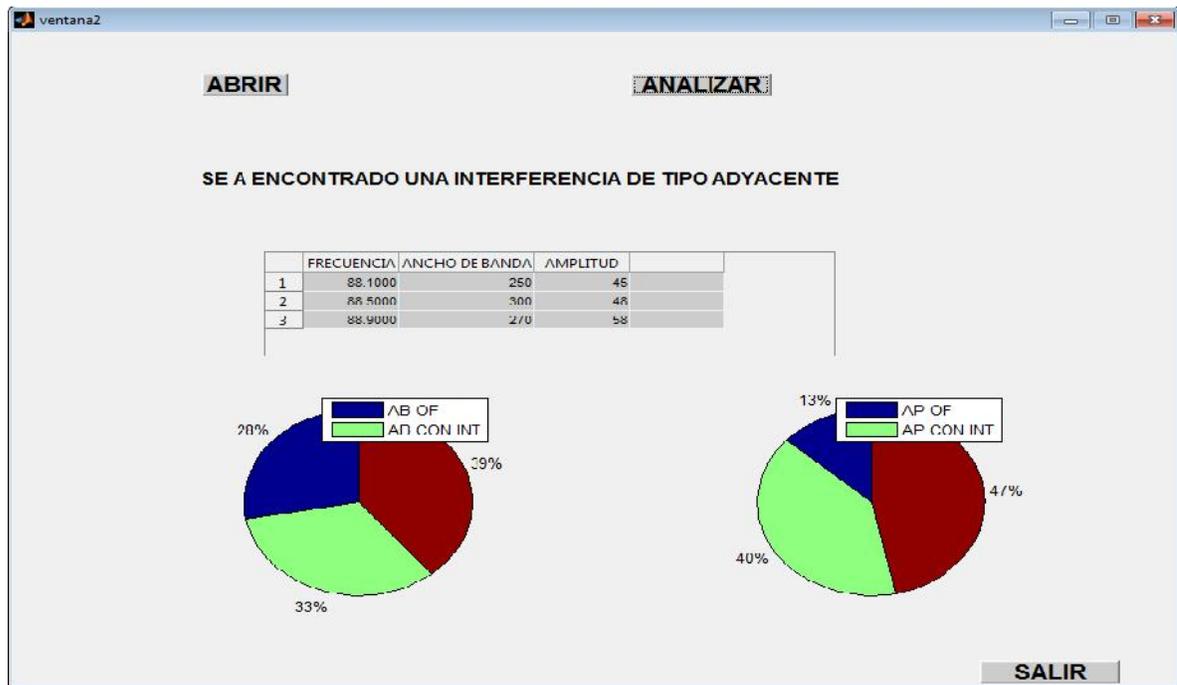


FIGURA IV.22 Pantalla con los resultados analizados del sistema inteligente

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

4.4. RESULTADOS

A continuación se indica los resultados obtenidos desde el ingreso a nuestro sistema inteligente.

Previo al análisis por parte del sistema inteligente se obtuvieron las siguientes mediciones en el Analizador de Espectro Anritsu Modelo MS2724C:

En primer lugar en la Tabla IV.II se detalla el ancho de banda de las estaciones de la ciudad de Riobamba medido con el transmisor encendido y apagado.

En segundo lugar la Tabla IV.III se detalla la potencia de las estaciones de la ciudad de Riobamba medido con el transmisor encendido y apagado.

Y por último tenemos la Tabla IV.IV donde se detalla el análisis de la simulación que se hace por parte del Sistema Inteligente indicando que tipo de interferencia a identificado el software ya sea este Cocanal, Adyacente o por Intermodulación.

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	ANCHO DE BANDA CON TRANSMISOR APAGADO MEDIDO CON EL ANRITSU (MHz)	ANCHO DE BANDA CON TRANSMISOR ENCENDIDO MEDIDO CON EL ANRITSU (MHz)	INCREMENTO ANCHO BANDA %
RADIO PÚBLICA	88,1	220	340,57	54,80%
ROMANCE 88.5 FM	88,5	216	334,3	54,77%
RUMBA STEREO FM	88,9	227	345,96	52,41%
RIOBAMBA STEREO	89,3	225	343,67	52,74%
GENIAL EXA FM	89,7	192	310,321	61,63%
SULTANA FM	90,1	208	326,45	56,95%
STEREO MUNDO KDM	90,5	219	337,375	54,05%
CARACOL FM STEREO	91,3	185	303,225	63,91%
ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	91,7	198	316,863	60,03%
FANTÁSTICA 92.1 FM	92,1	208	326,117	56,79%
HOLA FM STEREO	92,5	295	413,295	40,10%
SISTEMA 2FM	92,9	217	335,355	54,54%
SUPER ESTEREO FM	93,3	189	307,567	62,73%
BONITA FM	93,7	211	329,765	56,29%
CANELA RADIO CORP 94.5 CHIMBORAZO	94,5	216	334,142	54,70%
STEREO BUENAS NUEVAS	95,3	214	332,412	55,33%
RIO 95.7	95,7	319	437,559	37,17%
MUNDIAL FM	96,1	214	332,776	55,50%
SOL 96	96,5	210	328,902	56,62%
AMOR FM STEREO	96,9	155	274,26	76,94%
J.C. RADIO	97,3	212	332,76	56,96%
TRICOLOR FM	97,7	221	340,01	53,85%
ALEGRÍA FM	98,5	196	315,081	60,76%
HOLA FM	98,9	209	328,071	56,97%

PUNTUAL FM	99,7	220	339,901	54,50%
EL BUEN SEMBRADOR	100,1	220	336,605	53,00%
LA VOZ DEL VOLCÁN	100,9	228	347,757	52,53%
TERNURA FM	101,3	245	364,971	48,97%
LA VOZ DE LA AIIECH	101,7	215	334,259	55,47%
LATINA FM	102,1	230	349,368	51,90%
CUMBRE FM	102,5	223	342,008	53,37%
SENSACIÓN STEREO	102,9	205	324,337	58,21%
SONORAMA FM	103,7	189	308,884	63,43%
MARÍA	104,1	159	278,225	74,98%
PAZ Y BIEN	104,5	220	340,123	54,60%
FUTURA	104,9	286	405,456	41,77%
LA RADIO DE LA ASAMBLEA	105,3	198	317,678	60,44%
CATÓLICA NACIONAL FM	105,7	220	337,879	53,58%
ANDINA FM	106,1	157	276,908	76,37%
PANAMERICANA FM	106,9	260	379,193	45,84%
STEREO FAMILIAR	107,3	215	334,116	55,40%

Tabla IV.II Medición de Ancho de Banda de las Estaciones de Riobamba

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

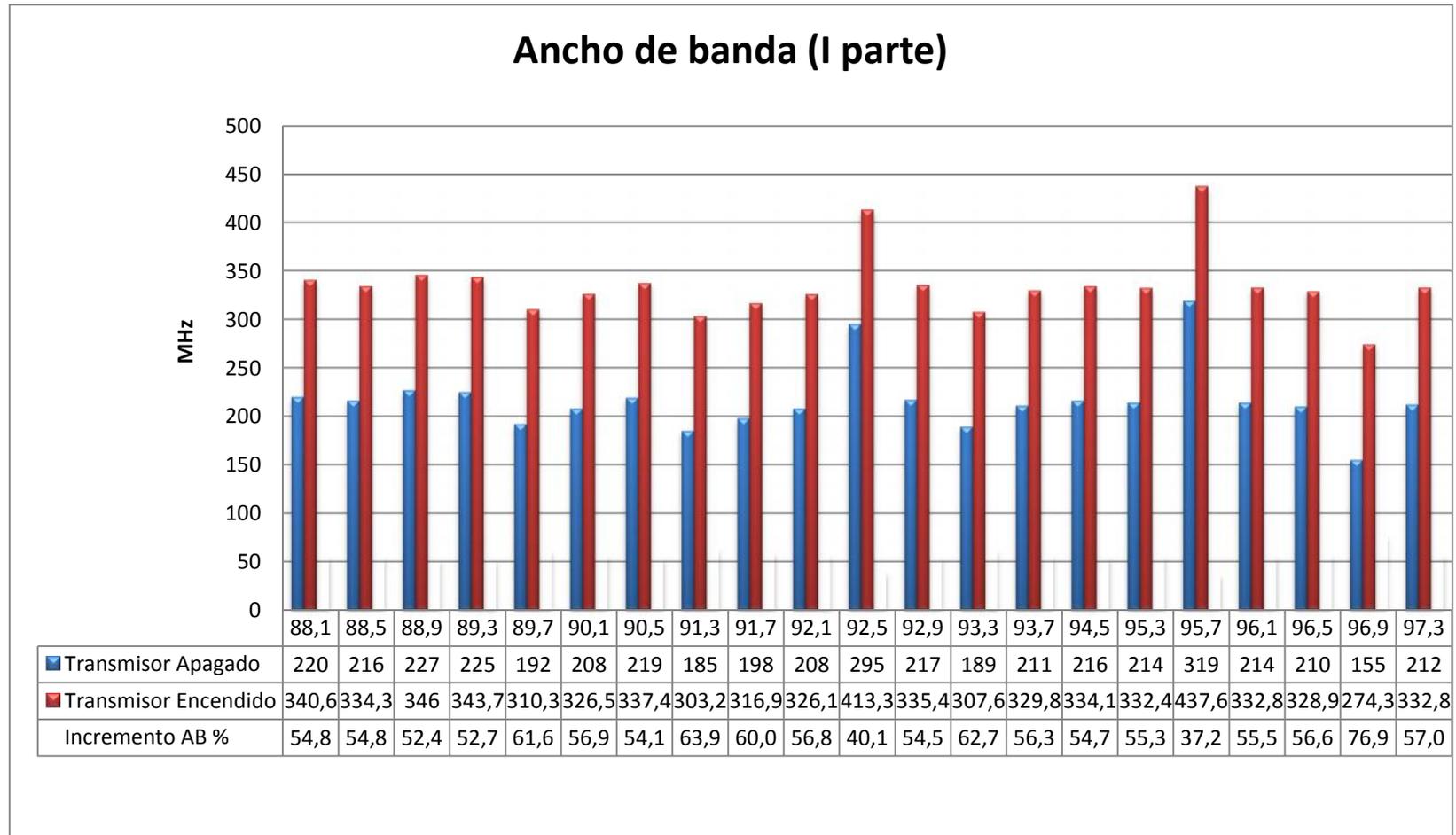


FIGURA IV.23 Ancho de Banda de las Estaciones de Riobamba (I parte)
Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

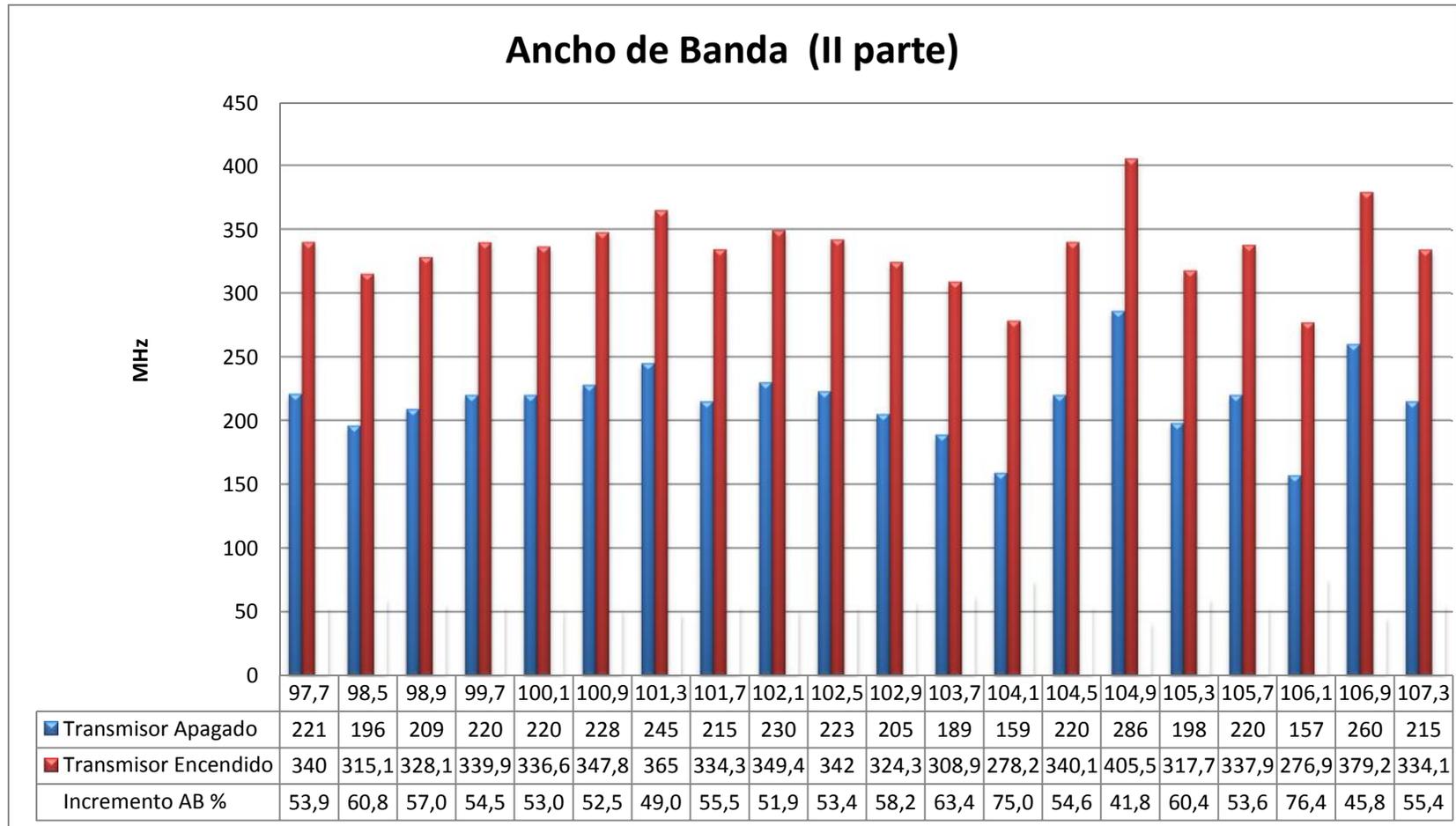


FIGURA IV.24 Ancho de Banda de las Estaciones de Riobamba (II parte)

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	POTENCIA MEDIDO CON TRANSMISOR APAGADO(dBm)	POTENCIA MEDIDO CON TRANSMISOR ENCENDIDO (dBm)	INCREMENTO POTENCIA %
RADIO PÚBLICA	88,1	-61,48	-51,48	16,27%
ROMANCE 88.5 FM	88,5	-107,376	-71,376	33,53%
RUMBA STEREO FM	88,9	-63,136	-43,136	31,68%
RIOBAMBA STEREO	89,3	-86,604	-66,604	23,09%
GENIAL EXA FM	89,7	-67,472	-47,472	29,64%
SULTANA FM	90,1	-58,152	-38,152	34,39%
STEREO MUNDO KDM	90,5	-62,136	-42,136	32,19%
CARACOL FM STEREO	91,3	-66,148	-46,148	30,24%
ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	91,7	-57,728	-37,728	34,65%
FANTÁSTICA 92.1 FM	92,1	-70,32	-50,32	28,44%
HOLA FM STEREO	92,5	-51,484	-31,484	38,85%
SISTEMA 2FM	92,9	-99,424	-63,424	36,21%
SUPER ESTEREO FM	93,3	-47,052	-27,052	42,51%
BONITA FM	93,7	-69,16	-49,16	28,92%
CANELA RADIO CORP 94.5 CHIMBORAZO	94,5	-44,084	-24,084	45,37%
STEREO BUENAS NUEVAS	95,3	-62,448	-42,448	32,03%
RIO 95.7	95,7	-70,392	-50,392	28,41%
MUNDIAL FM	96,1	-62,964	-42,964	31,76%
SOL 96	96,5	-61,58	-41,58	32,48%
AMOR FM STEREO	96,9	-72,796	-52,796	27,47%
J.C. RADIO	97,3	-84,85	-64,85	23,57%
TRICOLOR FM	97,7	-58,112	-38,112	34,42%
ALEGRÍA FM	98,5	-87,092	-67,092	22,96%
HOLA FM	98,9	-57,544	-37,544	34,76%

PUNTUAL FM	99,7	-68,824	-48,824	29,06%
EL BUEN SEMBRADOR	100,1	-113,7	-77,7	31,66%
LA VOZ DEL VOLCÁN	100,9	-69,38	-49,38	28,83%
TERNURA FM	101,3	-61,924	-41,924	32,30%
LA VOZ DE LA AIIECH	101,7	-62,372	-42,372	32,07%
LATINA FM	102,1	-54,86	-34,86	36,46%
CUMBRE FM	102,5	-108,82	-72,82	33,08%
SENSACIÓN STEREO	102,9	-60,904	-40,904	32,84%
SONORAMA FM	103,7	-77,148	-57,148	25,92%
MARÍA	104,1	-58,34	-38,34	34,28%
PAZ Y BIEN	104,5	-65,716	-45,716	30,43%
FUTURA	104,9	-69,388	-49,388	28,82%
LA RADIO DE LA ASAMBLEA	105,3	-43,896	-23,896	45,56%
CATÓLICA NACIONAL FM	105,7	-81,956	-61,956	24,40%
ANDINA FM	106,1	-64,192	-44,192	31,16%
PANAMERICANA FM	106,9	-80,46	-60,46	24,86%
STEREO FAMILIAR	107,3	-64,296	-44,296	31,11%

Tabla IV.III Medición de Potencia de las Estaciones de Riobamba

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

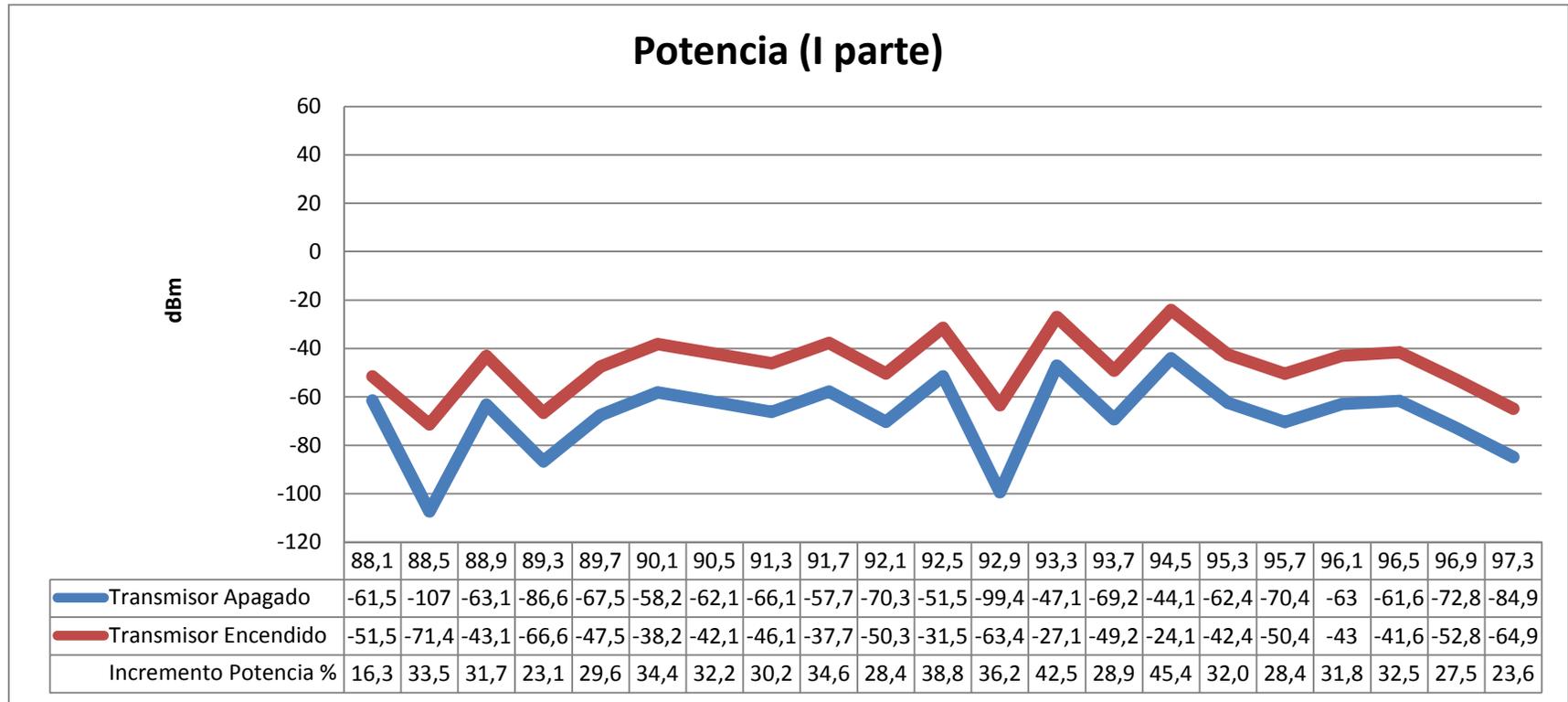


FIGURA IV.25 Potencia de las Estaciones de la ciudad de Riobamba (I parte)

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

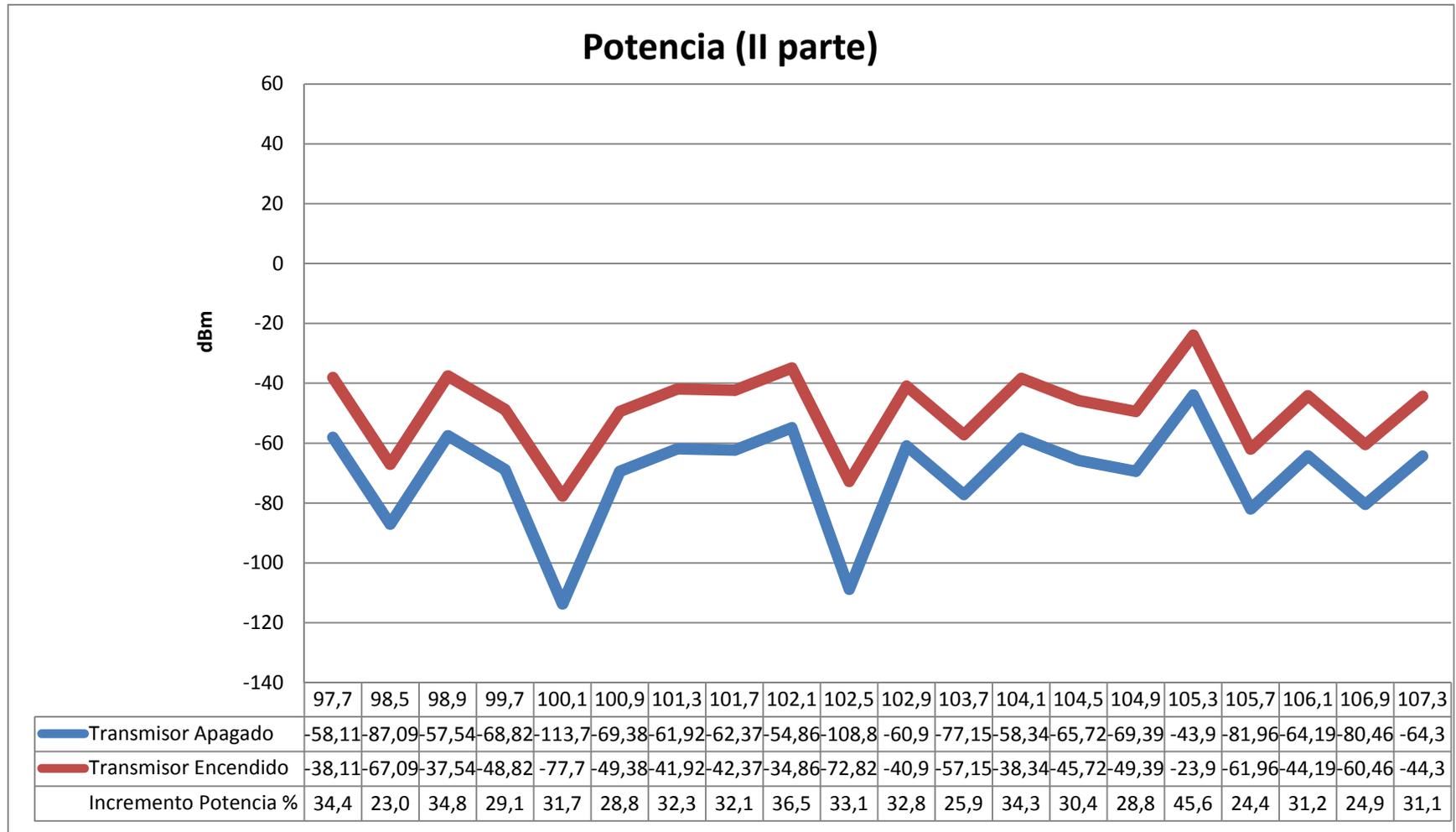


FIGURA IV.26 Potencia de las Estaciones de la ciudad de Riobamba (II parte)

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

De acuerdo a lo establecido por la Supertel el rango permitido para el ancho de banda de una estación FM está en 220 MHz con un \pm %5 es decir un rango bajo de 209 MHz y un alto de 231 MHz tomando en cuenta esta normativa nuestro trabajo de investigación arroja los siguientes resultados:

Ancho de Banda medido por el Anritsu

	Estaciones de la Ciudad de Riobamba	Porcentaje
Dentro del rango establecido por la Supertel	22	53,66%
Fuera del rango de la Supertel	19	46,34%
Total	41	

Tabla IV.IV Estaciones de la ciudad de Riobamba dentro del rango de Supertel

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

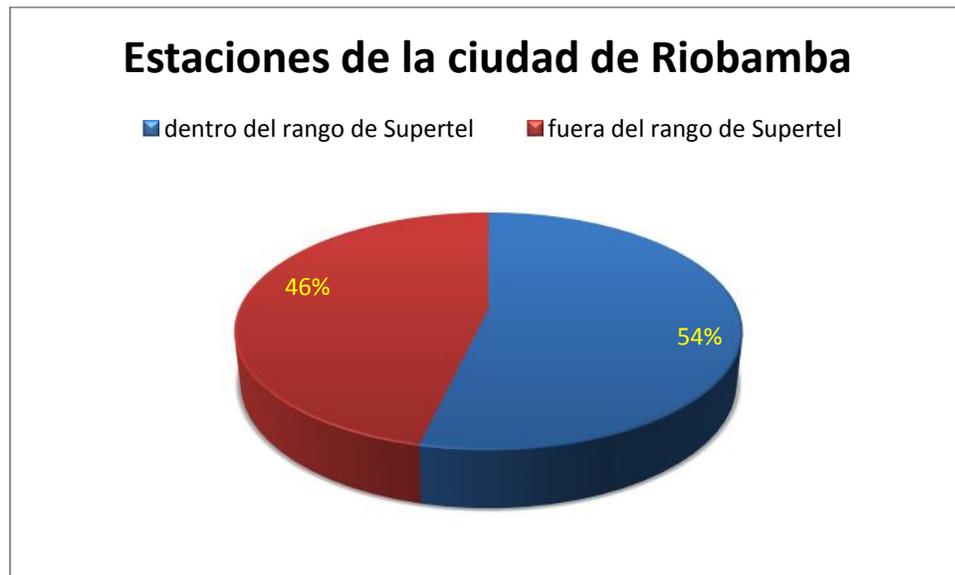


FIGURA IV.27 Estaciones de la ciudad de Riobamba dentro del rango de Supertel

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

En la Tabla IV.V se indica el resultado por parte de la simulación de frecuencias realizadas entre (88.0 - 108.0) MHz en el sistema inteligente.

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	INTERFERENCIA SIMULADA		RESULTADO DE INTERFERENCIA ENCONTRADA		
		Ancho de Banda (MHz)	Potencia (dBm)	Cocanal	Adyacente	Intermodulación
RADIO PÚBLICA	88,1	340,57	-51,48		x	
ROMANCE 88.5 FM	88,5	334,3	-71,376		x	
RUMBA STEREO FM	88,9	345,96	-43,136		x	
RIOBAMBA STEREO	89,3	343,67	-66,604		x	
GENIAL EXA FM	89,7	310,321	-47,472			x
SULTANA FM	90,1	326,45	-38,152	x		
STEREO MUNDO KDM	90,5	337,375	-42,136	x		
CARACOL FM STEREO	91,3	303,225	-46,148			x
ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	91,7	316,863	-37,728	x		
FANTÁSTICA 92.1 FM	92,1	326,117	-50,32		x	
HOLA FM STEREO	92,5	413,295	-31,484			x
SISTEMA 2FM	92,9	335,355	-63,424		x	
SUPER ESTEREO FM	93,3	307,567	-27,052	x		
BONITA FM	93,7	329,765	-49,16		x	
CANELA RADIO CORP 94.5 CHIMBORAZO	94,5	334,142	-24,084	x		
STEREO BUENAS NUEVAS	95,3	332,412	-42,448		x	
RIO 95.7	95,7	437,559	-50,392			x
MUNDIAL FM	96,1	332,776	-42,964		x	
SOL 96	96,5	328,902	-41,58		x	
AMOR FM STEREO	96,9	274,26	-52,796			x
J.C. RADIO	97,3	332,76	-64,85			x
TRICOLOR FM	97,7	340,01	-38,112	x		
ALEGRÍA FM	98,5	315,081	-67,092			x
HOLA FM	98,9	328,071	-37,544	x		

PUNTUAL FM	99,7	339,901	-48,824		x	
EL BUEN SEMBRADOR	100,1	336,605	-77,7			x
LA VOZ DEL VOLCÁN	100,9	347,757	-49,38		x	
TERNURA FM	101,3	364,971	-41,924	x		
LA VOZ DE LA AIIECH	101,7	334,259	-42,372	x		
LATINA FM	102,1	349,368	-34,86	x		
CUMBRE FM	102,5	342,008	-72,82			x
SENSACIÓN STEREO	102,9	324,337	-40,904		x	
SONORAMA FM	103,7	308,884	-57,148			x
MARÍA	104,1	278,225	-38,34	x		
PAZ Y BIEN	104,5	340,123	-45,716		x	
FUTURA	104,9	405,456	-49,388		x	
LA RADIO DE LA ASAMBLEA	105,3	317,678	-23,896	x		
CATÓLICA NACIONAL FM	105,7	337,879	-61,956			x
ANDINA FM	106,1	276,908	-44,192		x	
PANAMERICANA FM	106,9	379,193	-60,46			x
STEREO FAMILIAR	107,3	334,116	-44,296		x	

Tabla IV.V Resultados de las interferencias encontradas en la simulación del Sistema Inteligente

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

Realizada la simulación por parte del software en el sistema inteligente tenemos la Tabla IV.VI como resultado de las 41 estaciones vigentes en la ciudad de Riobamba 12 estaciones tienen interferencia cocanal representando el 29%, 17 estaciones tienen interferencia adyacente representando el 41%, 12 estaciones tienen interferencia por intermodulación representado el 29%, todo esto mencionado se lo aprecia en la Figura IV.41.

Estaciones de la ciudad de Riobamba		
Nombre de Interferencia	Número de estaciones	Porcentaje
Cocanal	12	29,27%
Adyacente	17	41,46%
Por Intermodulación	12	29,27%
Total	41	

Tabla IV.VI Número de estaciones y tipo de interferencia encontradas en la simulación del Sistema Inteligente

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

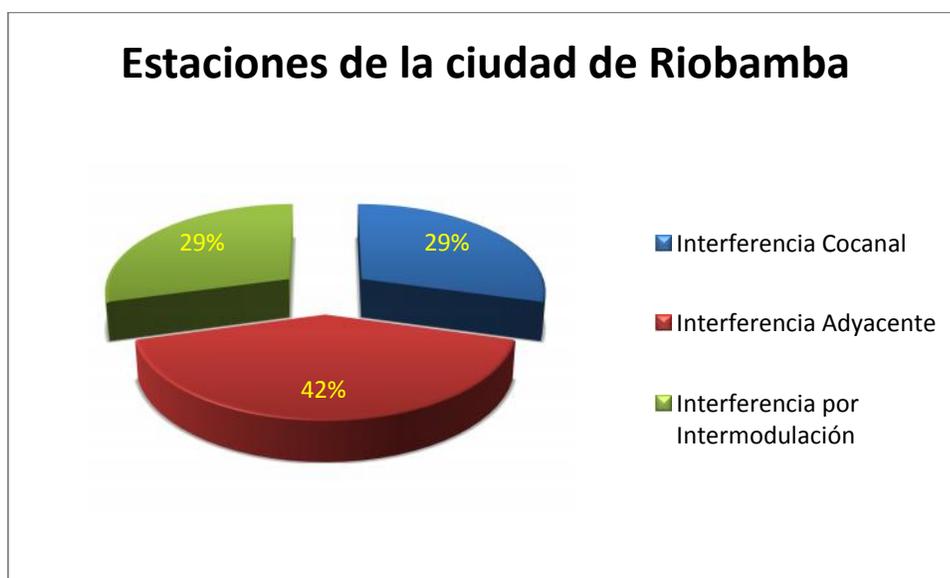


FIGURA IV.28 Número de estaciones y tipo de interferencia encontradas en la simulación del Sistema Inteligente

Fuente: Darwin Parreño, Alex Logroño (Autores)

CONCLUSIONES

1. El sistema inteligente permitió identificar en un menor tiempo las interferencias electromagnéticas.
2. Permite crear un ambiente de pruebas donde los estudiantes crean las interferencias y las identifican tanto numéricamente como gráficamente.
3. Los transmisores con 20 mW de potencia nos permitieron crear todas las interferencias requeridas para las pruebas.
4. Las herramientas graficas propias de MatLab tienen compatibilidad entre si permitiéndonos que el sistema funcione sin problemas.
5. Encontramos que las interferencias electromagnéticas producidas para estas pruebas son las que más comúnmente afectan a las radiodifusoras.
6. De acuerdo a las mediciones realizadas a las diferentes frecuencias de la banda de Frecuencia Modulada se observaron que los anchos de banda varían con respecto al recomendado por la Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica según el artículo 11.1 y esto origina una de las principales causas al momento de producir interferencias.

7. El Sistema desarrollado constituye una herramienta muy indispensable para los concesionarios de estaciones de Radiodifusión precisamente ayudará a tener una mejor calidad en sus transmisiones y ahorrará tiempo cuando ocurra problemas de interferencias.

RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar mediciones de ancho de banda y amplitud de las diferentes frecuencias FM, por lo menos 3 veces para tener un mejor margen de apreciación.
2. Al momento de guardar las tablas de datos extraídas con el Programa Excel se debe guardar como libro de Excel 97_2003 para que Matlab lo pueda reconocer.
3. El archivo ejecutable tesis.exe se debe implementar en equipo que tenga instalado el programa Matlab ya que funcionan a la par las 2 herramientas.
4. Las mediciones de interferencias se las debe hacer en un lugar abierto ya que así el analizador de frecuencias las sintonizara eficazmente.
5. Se recomienda utilizar en el analizador de espectro una antena de FM para que las mediciones sean acertadas.

RESUMEN

Se realizó el diseño e implementación de un sistema inteligente para detectar interferencias electromagnéticas en frecuencia modulada en la Facultad de Ingeniería Electrónica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El método de investigación deductivo nos permitió discernir los aspectos generales que intervienen y afectan en la ejecución de un sistema inteligente como analizar toda la banda FM comprendida entre 88.0 MHz y 108.0 MHz y el método inductivo se observan parámetros específicos para determinar el ancho de banda, amplitud, potencia de cada una de las estaciones activas en la ciudad de Riobamba, utilizando los siguientes equipos hardware: 1 Analizador de Espectros Anritsu MS2724C, 2 transmisores FM, 2 computadores, y software tenemos: transferencia de archivos Anritsu Master Software Tools, hoja de cálculo Excel, herramienta de software matemático MatLab, interfaz gráfico Guide, con el único propósito de verificar si se cumplen los parámetros que dispone la Superintendencia de Telecomunicaciones, de esta manera determinar causas y recomendar mejoras al servicio de radiodifusión.

Los resultados que nos arroja el software inteligente al analizar las 41 estaciones FM existentes en la ciudad de Riobamba son de una efectividad del 100% para identificar interferencias adyacentes, 100% cocanales y 100% intermodulación.

Se concluye que la implementación del sistema inteligente pretende ayudar a los concesionarios de estaciones FM siendo esta una herramienta que dé soluciones

en cuanto a interferencias se refiere y a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes facilitando su uso continuo para diferentes pruebas a nivel académico.

Recomendamos la investigación sea considerada por la Supertel para tener un mejor control sobre la radiodifusión FM haciendo una señal óptima y eficiente en los radioyentes.

SUMMARY

The design and implementation of an intelligent system was carried out by students at the faculty of Electronic Engineering at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo to detect electromagnetic interference on a Modulated Frequency (FM).

The deductive research method allowed to discern the general aspects that involved and affect the implementation of an intelligent system to analyze the entire FM band between 88.0 MHz and 108.0 MHz and in the inductive method specific parameters were found to determine the bandwidth, amplitude, power of each active radio stations in Riobamba, using the following hardware equipment: 1 Spectrum Analyzer Anritsu MS2724C, 2 FM transmitters, 2 computers, and software programs such as: file transfer Anritsu Master software Tools, Microsoft Excel spreadsheet, Matlab mathematical software tool, graphical guide interphase, for the sole purpose of verifying if the parameters available in the Superintendencia of Telecommunications are achieved, in this way it is possible to determine causes and recommend improvements to the broadcasting service.

Analyzing the 41 FM radio stations in Riobamba, the obtained data from the intelligent software were: 100% effective to identify adjacent interference, 100% co-channels, and 100% intermodulation.

It is concluded that the implementation of this intelligent system proposes to help FM radio stations owners, being this software a tool that provides interferences

solutions and facilitating its continued use for different academic test in Electronics Engineering and Telecommunications Networks School.

It is recommended that this research offering an optimal an optimal and efficient signal to radio listeners.

GLOSARIO

Ancho de Banda.- medida de la capacidad de información de un canal de transmisión, es la diferencia entre las frecuencias más altas y más bajas de una banda que puede pasar un medio de transmisión sin distorsión indebida.

Audio Frecuencia.- también llamado frecuencia audible se caracteriza como una vibración periódica cuya frecuencia es audible para el ser humano medio, es la característica del sonido que más determina el tono y se mide en hercios.

Espectro Radioeléctrico.- el espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial.

Estación Matriz.- la Superintendencia de Telecomunicaciones (Supertel) define a la estación matriz como “Aquella que transmite programación generada en su propio estudio y que dispone de tres instalaciones básicas: estudio, sistema de transmisión y enlace estudio-transmisor”.

Estación Repetidora.- la Superintendencia de Telecomunicaciones (Supertel) define a la estación repetidora como “Aquella que recibe la totalidad de la programación de la estación matriz y la transmite simultáneamente para ser recibida por el público en general”.

Frecuencia Modulada.- o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia. La frecuencia modulada es usada comúnmente en las radiofrecuencias de muy alta frecuencia por la alta fidelidad de la radiodifusión de la música y el habla.

Intermod.- es el nombre común de la interferencia que escuchamos de otros transmisores tales como buscapersonas, la policía y los taxis. Es sinónimo de distorsión de intermodulación y se produce cuando el amplificador de RF en el

receptor es impulsado no lineal mediante una señal fuerte. Dos o más señales entonces se mezclan en el amplificador de RF de su receptor y crean una señal en la frecuencia de escucha.

Longitud de Onda.- La longitud de una onda completa de un fenómeno de alternación o vibración, generalmente medida de cresta a cresta o de valle a valle de ondas sucesivas. La distancia entre dos crestas de una forma de onda electromagnética.

Modulación.- engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias.

Onda senoidal.- es la forma más generalizada y responde a la corriente de canalización generada en las grandes plantas eléctricas del mundo. También responden a la misma forma, todas las corrientes destinadas a generar los campos electromagnéticos de las ondas de radio.

Radiodifusión.- transmisión a distancia, por medio de ondas hercianas, de voz y sonido en forma de programas, de información, música, etc., destinada al público. Puede realizarse en modulación de frecuencia o de amplitud, y en esta, según la longitud de onda utilizada.

Radiofrecuencia.- se refiere a la parte del espectro electromagnético en la que pueden generarse ondas electromagnéticas mediante la aplicación de corriente alterna a una antena.

Señal portadora.- es una onda, generalmente senoidal, modificada en alguno de sus parámetros (amplitud, frecuencia o fase) por una señal de entrada denominada moduladora con el fin de transmitir una información. Al modular una señal, se desplaza su contenido espectral en frecuencia, ocupando un cierto

ancho de banda alrededor de la frecuencia de la onda portadora. Esto permite multiplexar en frecuencia varias señales simplemente utilizando diferentes ondas portadoras y conseguir así un uso más eficiente del espectro de frecuencias son usadas para transmitir señales de radio a un radioreceptor.

Sistema monofónico.- Es cuando un sólo canal lleva toda la información del sonido. En caso de reproducirse en un sistema con dos altavoces, el sonido sigue siendo monofónico dado que ambos reproducen la misma señal.

A N E X O S

ANEXO N° 1

CANALIZACIÓN DE LA BANDA DE FM (88-108) MHz

Canal	Frecuencia [MHz]	Canal	Frecuencia [MHz]	Canal	Frecuencia [MHz]	Canal	Frecuencia [MHz]
1	88.1	26	93.1	51	98.1	76	103.1
2	88.3	27	93.3	52	98.3	77	103.3
3	88.5	28	93.5	53	98.5	78	103.5
4	88.7	29	93.7	54	98.7	79	103.7
5	88.9	30	93.9	55	98.9	80	103.9
6	89.1	31	94.1	56	99.1	81	104.1
7	89.3	32	94.3	57	99.3	82	104.3
8	89.5	33	94.5	58	99.5	83	104.5
9	89.7	34	94.7	59	99.7	84	104.7
10	89.9	35	94.9	60	99.9	85	104.9
11	90.1	36	95.1	61	100.1	86	105.1
12	90.3	37	95.3	62	100.3	87	105.3
13	90.5	38	95.5	63	100.5	88	105.5
14	90.7	39	95.7	64	100.7	89	105.7
15	90.9	40	95.9	65	100.9	90	105.9
16	91.1	41	96.1	66	101.1	91	106.1
17	91.3	42	96.3	67	101.3	92	106.3
18	91.5	43	96.5	68	101.5	93	106.5
19	91.7	44	96.7	69	101.7	94	106.7
20	91.9	45	96.9	70	101.9	95	106.9
21	92.1	46	97.1	71	102.1	96	107.1
22	92.3	47	97.3	72	102.3	97	107.3
23	92.5	48	97.5	73	102.5	98	107.5
24	92.7	49	97.7	74	102.7	99	107.7
25	92.9	50	97.9	75	102.9	100	107.9

ANEXO N° 2

**GRUPOS DE FRECUENCIAS PARA DISTRIBUCION Y ASIGNACION EN EL
TERRITORIO NACIONAL**

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5		Grupo 6	
G1		G2		G3		G4		G5		G6	
Canal	Frecuencia MHz										
1	88,1	2	88,3	3	88,5	4	88,7	5	88,9	6	89,1
7	89,3	8	89,5	9	89,7	10	89,9	11	90,1	12	90,3
13	90,5	14	90,7	15	90,9	16	91,1	17	91,3	18	91,5
19	91,7	20	91,9	21	92,1	22	92,3	23	92,5	24	92,7
25	92,9	26	93,1	27	93,3	28	93,5	29	93,7	30	93,9
31	94,1	32	94,3	33	94,5	34	94,7	35	94,9	36	95,1
37	95,3	38	95,5	39	95,7	40	95,9	41	96,1	42	96,3
43	96,5	44	96,7	45	96,9	46	97,1	47	97,3	48	97,5
49	97,7	50	97,9	51	98,1	52	98,3	53	98,5	54	98,7
55	98,9	56	99,1	57	99,3	58	99,5	59	99,7	60	99,9
61	100,1	62	100,3	63	100,5	64	100,7	65	100,9	66	101,1
67	101,3	68	101,5	69	101,7	70	101,9	71	102,1	72	102,3
73	102,5	74	102,7	75	102,9	76	103,1	77	103,3	78	103,5
79	103,7	80	103,9	81	104,1	82	104,3	83	104,5	84	104,7
85	104,9	86	105,1	87	105,3	88	105,5	89	105,7	90	105,9
91	106,1	92	106,3	93	106,5	94	106,7	95	106,9	96	107,1
97	107,3	98	107,5	99	107,7	100	107,9				

ANEXO N° 3

CODIGO DEL SISTEMA INTELIGENTE

```

vector=87.7:0.05:108.1;
w = input('ingrese el ancho de banda de la interferencia: ');
x =input('ingrese la frecuencia de la interferencia: ');
a = input('ingrese el amplitud de la interferencia: ');
n = length(vector);
if w>220
    for i=1:n
        if vector(i)==x
            z=vector(i);
            disp('existe una interferencia adyacente en la
frecuencia')
            disp(z)
            disp('su representacion grafica es la siguiente')
            [numerics,          string]          =
xlsread('interferenciasoriginales.xls');
            xlabel('RANGO')
            ylabel('AMPLITUD')
            title('FRECUENCIA')
            hold on
            grid on
            plot(numerics(:,i))
        end
    end
else
    if a>30
        for i=1:n

```

```

        if vector(i)==x
            z=vector(i);
            disp('existe una interferencia cocanal en la
frecuencia')
            disp(z)
            [numerics, string] =
xlsread('interferenciasoriginales.xls');
            xlabel('RANGO')
            ylabel('AMPLITUD')
            title('FRECUENCIA')
            hold on
            grid on
            plot(numerics(:,i))
                end
            end
        end
end
end

```

```

vector=88.1:0.4:108.1;
w = input('ingrese un valor por ejemplo 250: ');
x =input('ingrese un valor por ejemplo 88.6 o 88.4: ');
n = length(vector);
if w>220
    for i=1:n
        if vector(i+1)==x OR vector(i-1)==x
            z=vector(i);
            disp('existe una interferencia adyacente en la
frecuencia')

```

```

        disp(z)
            end
        end
end

w = input('ingrese un valor por ejemplo 250: ');
x =input('ingrese un valor por ejemplo 88.6 o 88.4: ');
n = length(vector);
if w>220
    for i=1:n
        y=vector(i);
        z=y+0.1;
        if (z-x<1e-6)
            disp(y)
            end
        end
    end
end

[numerics, string] = xlsread('aaaa.xls');
vint=numerics(:,1);
vamp=numerics(:,2);
n = length(vint);
i=9;
while i<n
    j=i;
    a=vamp(j)+vamp(j-1)+vamp(j-2);

```

```

if a>=225
    x=j-2;
    b=vamp(j)+vamp(j+1)+vamp(j+2);
    if b>=225
        y=j+2;
        if b>=225
            r=vint(x);
            s=vint(y);
            w=(s-r)*1000;
            if w>=220
                z=vint(j);
                h=vamp(j);
                F={z};
                G={w};
                K={h};
                datos=[F' G' K'];
            set(handles.uitable2,'data','datos');
            i=i+8;
        end
    end
end

else
    a=vamp(j)+vamp(j-1)+vamp(j-2)+vamp(j-3);
    if a>=225

```

```

x=j-3;
b=vamp(j)+vamp(j+1)+vamp(j+2)+vamp(j+3);
    if b>=225
        y=j+3;
        r=vint(x);
        s=vint(y);
        w=(s-r)*1000;
        if w>=220
            z=vint(j);
            h=vamp(j);
            F={z};
            G={w};
            K={h};
            datos=[F' G' K'];
            set(handles.uitable2,'data','datos');
            i=i+8;
            end
        end
    end
end
end
end
para interferencias cocanal
[numerics, string] = xlsread('aaaa.xls');
vampint=numerics(:,3);
vint=numerics(:,1);

```

```

vamp=numerics(:,2);
n = length(vamp);
i=9;
while i<n
    j=i;
    x=vamp(j);
    y=vampint(j);
    z=x-y;
    if z>=30
        w=vint(j);
        disp('existe una interferencia adyacente en la
frecuencia')
        disp(w)
        i=i+8;
    end
end
end
a=vamp(j)+vamp(j-1);
if a>=225
    x=j-1;
    b=vamp(j)+vamp(j+1)
    if b>=225
        y=j+1
        r=vint(x);
        s=vint(y);
        w=(s-r)*1000
        if w>220
            z=vint(i);

```

```
disp('existe una interferencia adyacente en la frecuencia')
    disp(z)
    i=i+8
    end
end
end
```

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-BALCELLS, J.,** Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos., Barcelona-España., Ingoprint S.A., 1992., Pp 3.

- 2.-MOLINA, M.,** Métodos de Resolución de Problemas: Aplicación al diseño de sistemas inteligentes., 4ªed., Madrid – España., El Servicio de Publicaciones de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid., 2006., Pp 1-2.

- 3.-TOMASI, W.,** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas., 4ªed., México D.F.- México., Prentice Hall., 2003., Pp.234-240,245

- 4.-USBECK, W.C.,** Ecuador y las Comunicaciones: una historia compartida., Quito- Ecuador., Senatel., 2010., Pp. 75.

5.-CISNEROS, A., Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., 2011. Pp.1-5, 11-20.

E-book

<http://prezi.com/d7nhosssce5v/interferencias-electromagneticas/>

6.-RODRIGUEZ DEL RIO, R., Graficas con Matlab., Departamento de Matemática Aplicada., Universidad Complutense de Madrid., Madrid-España., 2004., Pp.140-142, 145,147-149.

E-book

<http://www.mat.ucm.es/~rrdelrio/documentos/rrrescorial2002.pdf>

7.-BELTRÁN, J., Estudio de la interferencia entre la red Inalámbrica de área local y el equipo médico de un hospital., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Escuela Politécnica Nacional., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2007., Pp.30-34, 37.

E-book

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/640/1/CD-1557%282008-06-18-12-52-37%29.pdf>

8.-CAJAS, D., Estudio técnico-económico-legal para la estación de radio de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2012., Pp.58-62.

E-book

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2910/1/98T00025.pdf>

9.-CASTELLANOS, E. TALERO, J.B., Análisis de propagación electromagnética en espacios cerrados: Herramienta software en Matlab para predicción y simulación., Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones Universidad Industrial de Santander., Bucaramanga-Colombia., **TESIS.**, 2005., Pp. 10.

E-book

http://publicacion10.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/01_general/revista_6/13102011/21.pdf

10.-ERAZO, H., Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única (isofrecuencia), y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Escuela Politécnica Nacional., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2009., Pp.3-5, 6-8, 18-19-20.

E-book

<http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

11.-GALLEGOS, F. PULLAS, G., Análisis del espectro radioeléctrico y estudio para la implementación de una red de radio enlaces entre las unidades de turismo de los 7 municipios de la provincia de Bolívar., Ingeniería Electrónica y Computación., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp.25-26.

E-book

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/371/1/38T00180.pdf>

12.-LARA, A., Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una factura puesta en operación de esta tecnología en la ciudad de Riobamba., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2013., Pp.32,35, 40-43, 45-49, 52-54.

E-book

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2928/1/98T00037.pdf>

13.-MORALES, L. VALLEJO, T., Estudio comparativo de los estándares de radiodifusión digital terrena orientado a definir su aplicabilidad en el Ecuador., Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2012., Pp.75, 76.

E-book

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2058/1/98T00018.pdf>

14.-OCAÑA, E., Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador., Carrera Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones., Escuela Politécnica del Ejercito., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2005., Pp.1, 8-9, 14-15.

E-book

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/694/1/T-ESPE-027551.pdf>

15.-VILLAFUERTE, E. ARIAS, S., Estudio para determinar sitios de transmisión que ofrezca mejor cobertura para estaciones del servicio de radiodifusión sonora FM en las provincias de El Oro y Sucumbíos, para la Superintendencia de Telecomunicaciones., Ingeniería Eléctrica y Electrónica., Escuela Politécnica Nacional., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2013., Pp 1-2.

E-book

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5902/1/CD-4745.pdf>

15.-ECUADOR., CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONARTEL)., Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica., Registro Oficial No. 74., Quito-Ecuador., 2000., Pp 1-17.

16.-ECUADOR., CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES., Ley de Radiodifusión y Televisión., Registro Oficial No. 691., Quito-Ecuador., 1995., Pp 1-22.

17.-ECUADOR., CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES., Ley Especial de Telecomunicaciones., Registro Oficial No. 996., Quito-Ecuador., 1992., Pp 1-16

18.-INTRODUCCIÓN A MATLAB

- https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/439/41637/1/Documento7.pdf
- <http://www.mat.ucm.es/~rrdelrio/documentos/rrrescorial2002.pdf>

2013-10-15

19.-LENGUAJE DE ALTO NIVEL MATLAB

- http://www.galeon.com/algebralineal/algii_inform/int_prog_m_atlab.pdf
- <http://www.matpic.com>

2013-10-19

20.-PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

- <http://www.presidencia.gob.ec>

2013-10-23

21.-SENATEL

- <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/>

2013-10-27

22.-SISTEMAS INTELIGENTES

- http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.htm
- <http://ants.inf.um.es/~felixgm/pub/others/SistemasInteligentes.pdf>

2013-11-10

23.-SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES

- <http://www.supertel.gob.ec/>

2013-11-14

24.- TIPOS DE INTERFERENCIAS

- <http://www.audio-technica.com/cms/site/26971e97bf9429d3/>
- <http://prezi.com/d7nhosssce5v/interferencias-electromagneticas/>

2013-11-18