

# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA

ANÁLISIS TÉCNICO SOCIO-ECONÓMICO PARA LA  
MIGRACIÓN DE RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A  
RADIODIFUSIÓN DIGITAL PARA LA BANDA AM EN QUITO,  
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR DRM

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**ANDREA CRISTINA MOLINA PÁEZ**

[andreac.molinap@gmail.com](mailto:andreac.molinap@gmail.com)

**BYRON LENÍN MORA FIERRO**

[byron\\_january@hotmail.com](mailto:byron_january@hotmail.com)

**DIRECTOR: Ing. Raúl Antonio Calderón Egas**

[antonio.calderon@epn.edu.ec](mailto:antonio.calderon@epn.edu.ec)

**Quito, Octubre 2013**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Andrea Cristina Molina Páez y Byron Lenín Mora Fierro, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Andrea Cristina Molina Páez

---

Byron Lenín Mora Fierro

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Cristina Molina Páez y Byron Lenín Mora Fierro, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Antonio Calderón.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios, por guiarme en su camino y por llevarme de la mano al camino del éxito y de la felicidad

A mi familia que con su apoyo y amor han logrado forjar a la mujer que soy ahora

A Christian, por llegar a mi vida para llenarme de luz, amor, apoyo y felicidad

A Ing. Antonio Calderón y por medio de él a la Escuela Politécnica Nacional, por haber confiado en mis aptitudes para ingeniera para desarrollar este proyecto de titulación.

A la Superintendencia de Telecomunicaciones y a HCJB por el apoyo tecnológico brindado, para que este proyecto se transforme en realidad.

A mis amigos y al voluntariado del IEEE por haber hecho más llevadera la vida estudiantil politécnica y por haberme enseñado y complementado para llegar a ser mejor persona

**Andrea Cristina Molina Páez**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Politécnica Nacional por todos los conocimientos que me ha impartido, tanto técnicos como de vida, los cuales han incidido en la formación de mi carácter.

Al Ing. Antonio Calderón por todo el apoyo brindado, sus consejos y todo su tiempo prestado para que este trabajo sea todo un éxito.

A la dirección Nacional de Radio y Televisión y por medio de ella a la Superintendencia de Telecomunicaciones por todo el apoyo brindado para la consecución y feliz término del presente trabajo.

A HCJB por el soporte brindado para resolver nuestras inquietudes que se nos presentaron a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A todos mis compañeros y compañeras, profesores, amigos y amigas, que de una u otra manera han aportado para que todos estos años de vida estudiantil politécnica sean mucho más sobre llevadera.

**Byron Lenín Mora Fierro**

## DEDICATORIA

Sin duda alguna dedico este trabajo a mi madre por haberme sacado adelante siempre

**Andrea Cristina Molina Páez**

## DEDICATORIA

A mi familia, a mi padre Luis, a mi madre Wilma y a mis hermanas Liseth y Katherine quienes han sido el soporte y las fuerzas para seguir adelante y nunca darme por vencido.

**Byron Lenín Mora Fierro**

## INDICE DE CONTENIDOS

### CAPÍTULO 1

1	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	ESTANDAR DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING) .....	1
1.2.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	2
1.2.1.1	Señales de Audio y Datos Asociados al Programa (PAD) .....	2
1.2.1.2	Servicio de Datos Generales.....	3
1.2.1.3	Canal de Información Rápida (FIC).....	3
1.2.1.4	Información de Configuración de Multiplex (MCI) .....	3
1.2.1.5	Información de Servicio (SI) .....	4
1.2.1.6	Digitalizador y Codificador.....	4
1.2.1.7	Ensamblador .....	4
1.2.1.8	Dispersión de Energía.....	5
1.2.1.9	Codificador Convolutacional.....	5
1.2.1.10	Entrelazado Temporal.....	5
1.2.1.11	Mux .....	5
1.2.1.12	Multiplexor.....	6
1.2.1.13	Modulación OFDM .....	6
1.2.1.14	Trama DAB .....	7
1.2.2	MODOS DE TRANSMISIÓN.....	7
1.2.2.1	Modo I.....	9
1.2.2.2	Modo II.....	10
1.2.2.3	Modo III.....	10
1.2.2.4	Modo IV.....	10
1.3	ESTANDAR IBOC (IN BAND ON CHANNEL).....	10
1.3.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	11
1.3.1.1	Subsistema de Entrada de Audio y Datos .....	12
1.3.1.1.1	Entrada de Datos .....	12
1.3.1.1.2	Entrada de Audio .....	13

1.3.1.2	Subsistema de Transporte y del Servicio de Multiplexación .....	13
1.3.1.2.1	Servicio del Programa Principal (MPS) .....	13
1.3.1.2.2	Servicio de Programa Suplementario (SPS).....	13
1.3.1.2.3	Servicio de Identificación de la Estación (SIS) .....	14
1.3.1.2.4	Servicio de Datos Avanzado (ADS).....	14
1.3.1.3	Subsistema de Transmisión/RF.....	14
1.3.1.3.1	Canales Lógicos.....	15
1.3.1.3.2	Aleatorización .....	15
1.3.1.3.3	Codificación .....	15
1.3.1.3.4	Entrelazado.....	15
1.3.1.3.5	Mapeo de Subportadora OFDM .....	15
1.3.1.3.6	Generación de la Señal OFDM .....	16
1.3.1.3.7	Transmisión .....	16
1.3.2	MODOS DE TRANSMISIÓN.....	16
1.3.2.1	Modo Híbrido.....	16
1.3.2.2	Modo Digital .....	17
1.4	ESTANDAR DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE).....	18
1.4.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	19
1.4.1.1	Codificador de Fuente .....	20
1.4.1.2	Pre-codificador .....	21
1.4.1.3	Multiplexación .....	21
1.4.1.3.1	Canal de Servicio Principal (MSC) .....	22
1.4.1.3.2	Canal de Acceso Rápido (FAC) .....	22
1.4.1.3.3	Canal de Descripción del Servicio (SDC) .....	23
1.4.1.4	Dispersión de Energía.....	24
1.4.1.5	Codificador de Canal.....	24
1.4.1.5.1	Codificación Multinivel (MLC).....	24
1.4.1.6	Entrelazador de Celdas.....	25
1.4.1.7	Mapeo de Celdas OFDM.....	25
1.4.1.8	Generador Piloto .....	25
1.4.1.9	Generador COFMD y Modulador.....	25
1.4.1.10	La Supertrama DRM .....	26
1.4.2	MODOS DE TRANSMISIÓN.....	26

1.5	COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL AM .....	28
-----	---	----

## CAPÍTULO 2

2	PRINCIPALES COMPONENTES PARA TRANSMISIÓN DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL.....	32
2.1	FUENTE .....	33
2.1.1	TREN DE DATOS DE AUDIO.....	33
2.1.2	TREN DE DATOS .....	34
2.1.3	INFORMACIÓN FAC.....	34
2.1.4	INFORMACIÓN SDC .....	35
2.2	CODIFICADOR DE FUENTE .....	36
2.2.1	CODIFICADOR Y PRECODIFICADORES.....	36
2.2.1.1	Codificación de la Fuente de Audio .....	37
2.2.1.1.1	Codificador AAC.....	38
2.2.1.1.2	Codificador CELP.....	39
2.2.1.1.3	Codificador HVX.....	40
2.2.1.1.4	Codificador SBR.....	41
2.2.1.2	Precodificación del Tren de Datos.....	42
2.2.1.3	Precodificación del FAC .....	43
2.2.1.4	Precodificación del SDC.....	43
2.2.2	MULTIPLEXOR.....	44
2.3	DISPERSIÓN DE ENERGÍA .....	46
2.4	MODULADOR DE CANAL .....	47
2.4.1	CODIFICADOR DE CANAL .....	49
2.4.2	ENTRELAZADOR DE CÉLULAS.....	52
2.4.3	GENERADOR PILOTO .....	53
2.4.4	CORRESPONDADOR DE CÉLULAS OFDM .....	54
2.4.5	GENERADOR DE SEÑALES OFDM .....	55
2.4.6	MODULADOR .....	56

2.5	AMPLIFICADOR DE SEÑAL .....	57
2.5.1	Amplificador Lineal.....	57
2.5.2	Amplificador no Lineal.....	58
2.6	ANTENA.....	59
2.6.1	DIPOLO DE MEDIA ONDA .....	59
2.6.2	MONOPOLO .....	60
2.7	UNIDAD DE SINTONÍA DE ANTENA .....	61
2.8	PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN.....	62
CAPÍTULO 3		
3	ANÁLISIS TÉCNICO-SOCIO-ECONÓMICO .....	65
3.1	ANÁLISIS TÉCNICO .....	65
3.1.1	METOLOGÍA DE MEDICIÓN .....	65
3.1.2	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS .....	73
3.1.2.1	Punto 1.....	74
3.1.2.2	Punto 2.....	76
3.1.2.3	Punto 3.....	77
3.1.2.4	Punto 4.....	79
3.1.2.5	Punto 5.....	81
3.1.2.6	Punto 6.....	82
3.1.2.7	Punto 7.....	84
3.1.2.8	Punto 8.....	85
3.1.2.9	Punto 9.....	87
3.1.2.10	Punto 10.....	89
3.1.2.11	Punto 11.....	91
3.1.2.12	Punto 12.....	93
3.1.2.13	Punto 13.....	95
3.1.2.14	Punto 14.....	97
3.1.2.15	Punto 15.....	99
3.1.2.16	Punto 16.....	101
3.1.2.17	Punto 17.....	104
3.1.2.18	Punto 18.....	105

3.1.2.19 Punto 19.....	107
3.1.2.20 Punto 20.....	109
3.1.2.21 Punto 21.....	112
3.1.2.22 Punto 22.....	113
3.1.2.23 Punto 23.....	115
3.1.2.24 Punto 24.....	117
3.2 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO .....	121
3.2.1 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO A LA POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE QUITO.....	125
3.2.2 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO REALIZADO A LAS RADIOEMISORAS DE LA CIUDAD DE QUITO.....	145
CAPÍTULO 4	
4 FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	161
4.1 ICS TELECOM.....	161
4.1.1 RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA EN AM.....	161
4.1.2 RADIODIFUSIÓN DIGITAL DRM.....	169
CAPÍTULO 5	
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	177
5.1 Conclusiones.....	177
5.2 Recomendaciones.....	178

## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1-1 Diagrama de bloques del Sistema DAB .....	2
Figura 1-2 Trama DAB .....	7
Figura 1-3 Espectro de los modos de transmisión del sistema DAB .....	9
Figura 1-4 Diagrama de bloques del sistema IBOC .....	11
Figura 1-5 Componentes de Subsistema de Transmisión/RF .....	14
Figura 1-6 Espectro de una señal IBOC AM en Modo Híbrido .....	17
Figura 1-7 Espectro de una señal IBOC AM en Modo Digital.....	18
Figura 1-8 Diagrama de bloques del Sistema DRM .....	20
Figura 1-9 Codificador de Fuente.....	21
Figura 1-10 Supertrama DRM .....	26
Figura 1-11 Espectro de una señal DRM .....	28

### CAPÍTULO 2

Figura 2-1 Etapas de transmisión para DRM .....	32
Figura 2-2 Tipos de datos que ingresan al transmisor DRM .....	33
Figura 2-3 Estructura de la Trama que se transporta en el FAC .....	35
Figura 2-4 Trama de la información SDC .....	35
Figura 2-5 Diagrama de Secuencia de la señal de entrada de datos.....	37
Figura 2-6 Estructura de la Supertrama AAC .....	39
Figura 2-7 Estructura de la Supertrama CELP .....	40
Figura 2-8 Estructura de la supertrama HVXC .....	41
Figura 2-9 Diagrama de codificación de datos de audio .....	41
Figura 2-10 Recuperación de altas frecuencias. ....	42
Figura 2-11 Precodificador .....	43
Figura 2-12 Esquema de los precodificadores .....	44
Figura 2-13 Esquema de entradas al multiplexor .....	45
Figura 2-14 Ejemplo de conformación de un stream. ....	46
Figura 2-15 Ejemplo de conformación de un stream. ....	46
Figura 2-16 Cadena de bits para dispersión de energía .....	46
Figura 2-17 Esquema de ingreso de la señal a dispersión de energía.....	47
Figura 2-18 Distribución de datos y portadoras. ....	48

Figura 2-19 Diagrama de codificación de protección. ....	48
Figura 2-20 Representación de portadoras ortogonales. ....	49
Figura 2-21 Tiempos de guarda. ....	49
Figura 2-22 Codificación de portadoras ....	50
Figura 2-23 Formación célula o símbolo QAM ....	51
Figura 2-24 Procedimiento de entrelazado ....	52
Figura 2-25 Modos de entrelazado ....	53
Figura 2-26 Inserción de portadoras. ....	54
Figura 2-27 Duración de la supertrama. ....	54
Figura 2-28 Diagrama de Ingreso al generador de señales ....	56
Figura 2-29 Diagrama de Ingreso al modulador ....	56
Figura 2-30 Característica de Transferencia de un Amplificador Lineal ....	58
Figura 2-31 Técnica RF P- RF A para amplificador no lineal ....	59
Figura 2-32 Dipolo de media onda ....	60
Figura 2-33 Antena Monopolo ....	61
Figura 2-34 Tiempo de un símbolo.....	63
<b>CAPÍTULO 3</b>	
Figura 3-1 Especificaciones Técnica del Equipo Receptor ....	67
Figura 3-2 Ruta de pruebas de medición de radio digital ....	68
Figura 3-3 Botones para control del receptor DRM Newstar DR111 ....	70
Figura 3-4 Vista frontal del receptor DRM Newstar DR111 ....	70
Figura 3-5 Frecuencia de la radioemisora sintonizada.....	71
Figura 3-6 Parámetros del receptor DRM Newstar DR111 ....	71
Figura 3-7 Nombre de la radioemisora sintonizada.....	72
Figura 3-8 Datos de la señal de radio digital DRM ....	72
Figura 3-9 Datos de la señal de radio digital DRM ....	73
Figura 3-10 Datos de la señal de radio digital DRM ....	73
Figura 3-11 Ubicación geográfica del Punto 1.....	74
Figura 3-12 Gráfica de SNR y MER del Punto 1 ....	75
Figura 3-13 Ubicación geográfica del Punto 2.....	76
Figura 3-14 Gráfica de SNR y MER del Punto 2 ....	77
Figura 3-15 Ubicación geográfica del Punto 3.....	77
Figura 3-16 Gráfica de SNR y MER del Punto 3 ....	79

Figura 3-17 Ubicación geográfica del Punto 4.....	79
Figura 3-18 Gráfica de SNR y MER del Punto 4 .....	80
Figura 3-19 Ubicación geográfica del Punto 5.....	81
Figura 3-20 Ubicación geográfica del Punto 6.....	82
Figura 3-21 Gráfica de SNR y MER del Punto 6 .....	83
Figura 3-22 Ubicación geográfica del Punto 7.....	84
Figura 3-23 Gráfica de SNR y MER del Punto 7 .....	85
Figura 3-24 Ubicación geográfica del Punto 8.....	86
Figura 3-25 Gráfica de SNR y MER del Punto 8 .....	87
Figura 3-26 Ubicación geográfica del Punto 9.....	87
Figura 3-27 Distancia del Punto de Medición 9 con el Transmisor en Chillogallo	88
Figura 3-28 Gráfica de SNR y MER del Punto 9 .....	89
Figura 3-29 Ubicación geográfica del Punto 10.....	89
Figura 3-30 Distancia del Punto de Medición 10 con el Transmisor en Chillogallo.....	90
Figura 3-31 Gráfica de SNR y MER del Punto 10 .....	91
Figura 3-32 Ubicación geográfica del Punto 11.....	92
Figura 3-33 Distancia del Punto de Medición 11 con el Transmisor en Chillogallo.....	92
Figura 3-34 Gráfica de SNR y MER del Punto 11 .....	93
Figura 3-35 Distancia del Punto de Medición 12 con el Transmisor en Chillogallo .....	94
Figura 3-36 Ubicación geográfica del Punto.....	94
Figura 3-37 Gráfica de SNR y MER del Punto 12 .....	95
Figura 3-38 Ubicación geográfica del Punto 13.....	96
Figura 3-39 Distancia del Punto de Medición 13 con el Transmisor en Chillogallo.....	96
Figura 3-40 Gráfica de SNR y MER del Punto 13 .....	97
Figura 3-41 Ubicación geográfica del Punto 14.....	98
Figura 3-42 Distancia del Punto de Medición 14 con el Transmisor en Chillogallo.....	98
Figura 3-43 Gráfica de SNR y MER del Punto 14 .....	99
Figura 3-44 Ubicación geográfica del Punto 15.....	100

Figura 3-45 Distancia del Punto de Medición 15 con el Transmisor en Chillogallo .....	100
Figura 3-46 Gráfica de SNR y MER del Punto 15 .....	101
Figura 3-47 Ubicación geográfica del Punto 16.....	102
Figura 3-48 Distancia del Punto de Medición 16 con el Transmisor en Chillogallo .....	102
Figura 3-49 Gráfica de SNR y MER del Punto 16 .....	103
Figura 3-50 Ubicación geográfica del Punto 17.....	104
Figura 3-51 Gráfica de SNR y MER del Punto 17 .....	105
Figura 3-52 Ubicación geográfica del Punto 18.....	106
Figura 3-53 Distancia del Punto de Medición 18 con el Transmisor en Chillogallo .....	106
Figura 3-54 Gráfica de SNR y MER del Punto 18 .....	107
Figura 3-55 Ubicación geográfica del Punto 19.....	108
Figura 3-56 Distancia del Punto de Medición 19 con el Transmisor en Chillogallo .....	108
Figura 3-57 Gráfica de SNR y MER del Punto 19 .....	109
Figura 3-58 Ubicación geográfica del Punto 20.....	110
Figura 3-59 Distancia del Punto de Medición 20 con el Transmisor en Chillogallo .....	110
Figura 3-60 Gráfica de SNR y MER del Punto 20 .....	111
Figura 3-61 Ubicación geográfica del Punto 21.....	112
Figura 3-62 Gráfica de SNR y MER del Punto 21 .....	113
Figura 3-63 Ubicación geográfica del Punto 22.....	114
Figura 3-64 Distancia del Punto de Medición 22 con el Transmisor en Chillogallo .....	114
Figura 3-65 Gráfica de SNR y MER del Punto 22 .....	115
Figura 3-66 Ubicación geográfica del Punto 23.....	116
Figura 3-67 Gráfica de SNR y MER del Punto 23 .....	117
Figura 3-68 Ubicación geográfica del Punto 24.....	117
Figura 3-69 Distancia del Punto de Medición 24 con el Transmisor en Chillogallo .....	118
Figura 3-70 Gráfica de SNR y MER del Punto 24 .....	119

## CAPÍTULO 4

Figura 4-1 Parámetros de Simulación en AM (a) .....	162
Figura 4-2 Parámetros de Simulación en AM (b) .....	163
Figura 4-3 Parámetros de Simulación en AM (c).....	164
Figura 4-4 Parámetros de Simulación en AM (d) .....	165
Figura 4-5 Parámetros de Simulación en AM (e) .....	166
Figura 4-6 Modelos de propagación.....	167
Figura 4-7 Parámetros de Simulación DRM (a).....	170
Figura 4-8 Parámetros de Simulación DRM (b).....	171
Figura 4-9 Parámetros de Simulación DRM (c).....	172
Figura 4-10 Parámetros de Simulación DRM (d).....	173
Figura 4-11 Parámetros de Simulación DRM (e).....	174

## INDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

Tabla 1-1 Parámetros más significativos para cada modo de transmisión del sistema DAB.....	8
Tabla 1-2 Modos de Trasmisión DRM.....	27
Tabla 1-3 Comparación entre Estándares.....	28

### CAPÍTULO 2

Tabla 2-1 Descripción de las entidades dentro de la trama de SDC .....	36
Tabla 2-2 Velocidad de transmisión de acuerdo al canal. ....	37
Tabla 2-3 Tipos de Codificadores de Audio.....	38
Tabla 2-4 Características de los modos de robustez .....	63
Tabla 2-5 Frecuencia de Tecnología DRM.....	64

### CAPÍTULO 3

Tabla 3-1 Tabla de Secuencia de puntos y ubicación de mediciones para radio digital .....	69
Tabla 3-2 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 1 .....	75
Tabla 3-3 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 2 .....	76
Tabla 3-4 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 3 .....	78
Tabla 3-5 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 4 .....	80
Tabla 3-6 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 5 .....	81
Tabla 3-7 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 6 .....	83
Tabla 3-8 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 7 .....	84
Tabla 3-9 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 8 .....	86
Tabla 3-10 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 9 .....	88
Tabla 3-11 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 10 .....	90
Tabla 3-12 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 11 .....	93
Tabla 3-13 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 12 .....	95
Tabla 3-14 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 13 .....	97
Tabla 3-15 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 14 .....	99
Tabla 3-16 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 15 .....	101
Tabla 3-17 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 16 .....	103

Tabla 3-18 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 17 .....	104
Tabla 3-19 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 18 .....	107
Tabla 3-20 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 19 .....	109
Tabla 3-21 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 20 .....	111
Tabla 3-22 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 21 .....	112
Tabla 3-23 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 22 .....	115
Tabla 3-24 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 23 .....	116
Tabla 3-25 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 24 .....	118
Tabla 3-26 Resumen de las pruebas de cobertura .....	119
Tabla 3-27 Valores de Nivel de Confianza de la muestra .....	122
CAPÍTULO 4	
Tabla 4-1 Comparación de valores obtenidos en la simulación y en pruebas de AM .....	168
Tabla 4-2 Comparación de valores obtenidos en la Simulación y Pruebas de DRM .....	175

## INDICE DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO 3

Gráfico 3-1 Elementos básicos de equipamiento en un hogar .....	125
Gráfico 3-2 Medios de comunicación preferidos por la Ciudadanía Quiteña.....	126
Gráfico 3-3 Porcentaje de la población que escucha o no Radio.....	127
Gráfico 3-4 Importancia de la radio .....	128
Gráfico 3-5 Porcentaje de personas que escuchan radio en las bandas AM y FM.....	129
Gráfico 3-6 Edades de personas que escuchan radio.....	130
Gráfico 3-7 Lugares donde más escuchan radio las personas.....	130
Gráfico 3-8 Personas que realizan o no otras actividades mientras escuchan radio.....	131
Gráfico 3-9 Cantidad de horas por día que se escucha radio .....	132
Gráfico 3-10 Principales funciones de la radio .....	133
Gráfico 3-11 Programación radial preferida por los oyentes.....	134
Gráfico 3-12 Calificación en cuanto a satisfacción de los programas radiales...	135
Gráfico 3-13 Cuantas personas interactúan con las radioemisoras .....	136
Gráfico 3-14 Formas de interactuar entre el oyente y la radioemisora .....	138
Gráfico 3-15 Tiempo que toma para realizar una renovación en los equipos de radio.....	139
Gráfico 3-16 Tiempo de adquisición de un nuevo receptor de radio .....	140
Gráfico 3-17 Personas que conocen algo sobre radio digital .....	140
Gráfico 3-18 Importancia de los beneficios de radio digital .....	142
Gráfico 3-19 Disposición a comprar un nuevo receptor.....	142
Gráfico 3-20 Monto a invertir en el nuevo receptor de radio.....	143
Gráfico 3-21 Disposición a cambiarse a la banda AM digital .....	145
Gráfico 3-22 Conocimiento en cuanto a que la cobertura de una radio AM es mayor que la radio FM.....	147
Gráfico 3-23 Conocimiento en cuanto a radio digital.....	148
Gráfico 3-24 Importancia de beneficios en la radio digital .....	149
Gráfico 3-25 Disposición a invertir en la migración a radio digital .....	150
Gráfico 3-26 Mejor manera de migración a radio digital.....	151
Gráfico 3-27 Cantidad de dinero están dispuestas a invertir las radioemisoras	

para transmitir digitalmente. ....	152
Gráfico 3-28 Tiempo que requeriría las radioemisoras para el cambio de transmisor.....	153
Gráfico 3-29 Consideración que los equipos se mantengan en la misma banda de frecuencia por el cambio de tecnología. ....	154
Gráfico 3-30 Consideración que la programación actual se vería afectada con la migración a radio digital. ....	155
Gráfico 3-31 Aumento los ingresos respecto a publicidad con las mejoras que se tendría en radio digital. ....	156
Gráfico 3-32 Personal técnico a cargo de la estación está capacitado para el cambio tecnológico.....	157
Gráfico 3-33 Aumento de la audiencia gracias a los beneficios que conlleva el cambio de tecnología. ....	157
Gráfico 3-34 Interacción actual entre las radioemisoras y los oyentes.....	158
Gráfico 3-35 Mejora de la interacción con la migración de tecnología en radio.	159

## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1: ETSI ES 201 980 V3.1.1, Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification
- ANEXO 2: RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1514-1, Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de los 30MHz
- ANEXO 3: Receptor Newstar DR111
- ANEXO 4: Encuestas a radioescuchas en la ciudad de Quito
- ANEXO 5: Encuestas a radioemisoras en la ciudad de Quito
- ANEXO 6: RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1386-1, Características y Diagramas de las antenas transmisoras en ondas kilométricas y hectométricas
- ANEXO 7: RECOMENDACIÓN IUT-R BS.401-6, Antenas de emisión para radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas.
- ANEXO 8: RECOMENDACIÓN UIT-R P.368-7\*, Curvas de propagación por onda de superficie para frecuencia comprendidas entre 10 KHz y 30 MHz.
- ANEXO 9: Resultado de la Simulación Analógica
- ANEXO 10: RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1615-1, Parámetros de planificación para la radiodifusión sonora en frecuencias inferiores a 30 MHz
- ANEXO 11: RECOMENDACIÓN UIT-R F.348-4\*, Disposición de los canales en los transmisores multicanales de banda lateral única y de bandas laterales independientes para circuitos a larga distancia, que trabajan en frecuencias inferiores a 30 MHz aproximadamente
- ANEXO 12: Resultado de la simulación digital
- ANEXO 13: Niveles de recepción de acuerdo al color en los anexos IX y XII
- ANEXO 14: Brochure ICS Telecom
- ANEXO 15: Diagrama Transmisor AM
- ANEXO 16: Sistema de Transmisión DRM
- ANEXO 17: Transmisores y Receptores DRM

## GLOSARIO

AAC	Codificación de Audio Avanzado
ADS	Servicio de Datos Avanzados
AM	Amplitud Modulada
BER	<i>Bit Error Rate</i>
CELP	<i>Code-excited linear prediction</i>
CIF	<i>Common Interleave Frame</i>
COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
CU	<i>Capacity Unit</i>
DAB	<i>Digital Audio Broadcasting</i>
DQPSK	<i>Differential Quadrature Phase Shift Keying</i>
DRM	<i>Digital Radio Mondiale</i>
DVD	<i>Digital Versatile Disc</i>
EEP	<i>Equal Error Protection</i>
ETSI	Instituto Europeo de Normas en Telecomunicaciones
EWS	Sistema de alerta de emergencia
FAC	Canal de Acceso Rápido
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FIC	Canal de Información Rápida
FIGs	<i>Fast Information Groups</i>
FM	Frecuencia Modulada
HCJB	Hoy Cristo Jesús Bendice
HD	<i>Hybrid Digital</i>
HVXC	<i>Harmonic Vector Excitation Coding</i>
IBOC	<i>In Band On Channel</i>
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MCI	Información de Configuración de Multiplex
MER	<i>Modulation Error Ratio</i>
MPEG	<i>Moving Pictures Expert Group</i>
MPEG-2	<i>Moving Pictures Expert Group layer II</i>
MPS	Servicio de Programa Principal

MSC	<i>Main Service Channel</i>
MUSICAM	<i>Masking Pattern Sub-band Integrated Coding and Multiplexing</i>
NADIB	<i>Narrow Digital Broadcasting</i>
NRSC	<i>National Radio Systems Committe</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PAD	Datos Asociados al Programa
PSD	Datos del Servicio de Programa
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
RF	Radio Frecuencia
SBR	Repetición de Banda Espectral
SD	<i>Secure Digital</i>
SDC	Canal de Descripción del Servicio
SFN	<i>Single Frequency Network</i>
SI	Información de Servicio
SIS	Servicio de Información de Estación
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
SPS	Servicio de Programa Suplementario
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
T <sub>g</sub>	Tiempo de guarda
TMC	Canal con el mensaje de tráfico
T <sub>s</sub>	Duración de símbolo
T <sub>u</sub>	Tiempo de parte útil del sistema
UEP	<i>Unequal Error Protection</i>
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

# CAPÍTULO 1

## 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará un breve estudio de los estándares de radio difusión digital más conocidos a nivel mundial como lo son DAB (*Digital Audio Broadcasting*), IBOC (*In Band On Channel*) y DRM (*Digital Radio Mondiale*), además se realizará, ya al final del mismo, un cuadro comparativo de estos estándares, lo cual nos servirá para poder desarrollar el siguiente capítulo.

### 1.2 ESTANDAR DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING)

Lo que actualmente se conoce como estándar europeo DAB, es el sistema de radiodifusión digital desarrollado por el proyecto Eureka 147 de la Unión Europea impulsado por la UER (Unión Europea de Radiodifusión). Este sistema provee recepción libre de interferencias de servicios de audio de alta calidad y servicios multimedia.

DAB es un sistema de radiodifusión multiservicios que puede ser utilizado en transmisiones terrestres, satelitales, híbridas (satelital con transmisión terrestre complementaria) y redes de difusión por cable, y que fue diseñado para receptores móviles, portátiles y fijos.

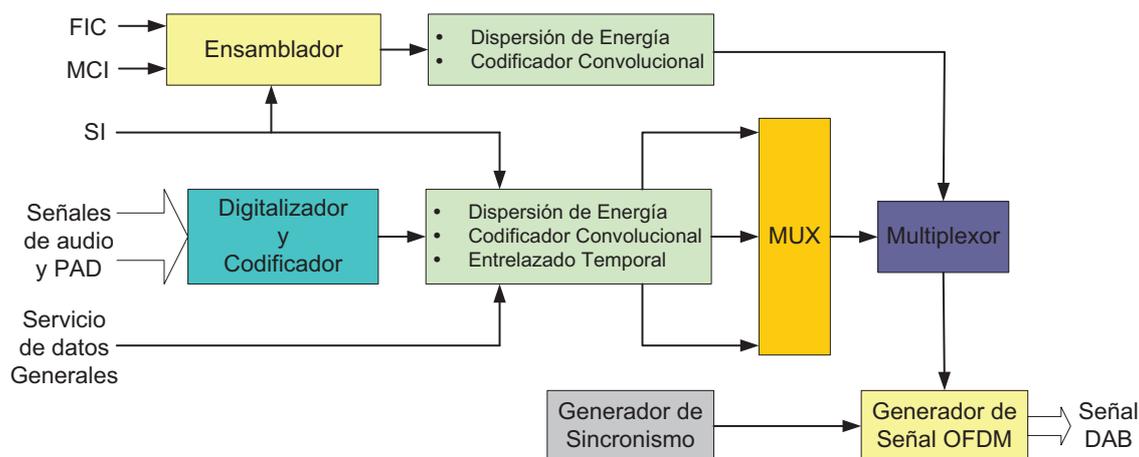
Este sistema se basa fundamentalmente en dos principios: la codificación en la fuente MP2 (MPEG-2) y la del canal COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). La codificación en la fuente permite mejorar la calidad y a su vez eliminar aquellos sonidos que no son perceptibles para el oído humano, en cambio, la codificación de canal mejora el modo de propagación al superar reflexiones y perturbaciones distribuyendo la información en un amplio número de frecuencias.

La codificación en la fuente, que originalmente se denominó MUSICAM (*Masking Pattern Sub-band Integrated Coding and Multiplexing*) y que después se normalizó denominándose MPEG-2 (*Moving Pictures Expert Group layer II*) ó

MP2, es un sistema muy parecido al MP3 pero necesita menor capacidad de procesamiento que éste.

### 1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Como se puede observar claramente en la figura 1.1, el sistema DAB es muy sencillo en su generación pero a su vez es muy robusto con lo cual podemos tener recepción en terminales móviles y además servicios de multimedia.



**Figura 1-1** Diagrama de bloques del Sistema DAB<sup>1</sup>

A continuación se procederá a dar una breve explicación de cada uno de los componentes que intervienen en la generación de la señal DAB.

#### 1.2.1.1 Señales de Audio y Datos Asociados al Programa (PAD)

Se trata de señales de audio analógicas que deben ser codificadas y transmitidas, las cuales vienen con su respectivo PAD. El sistema DAB es transparente para el PAD, esto quiere decir que el PAD puede ser elaborado e incluido en el instante en que la señal de audio es codificada.

De hecho cada cuadro de audio contiene un PAD. Y lo que es más, en general este tiene una relación fuerte con el audio (en términos de su contenido y relación temporal).

<sup>1</sup> CADENA, Luis; VÁSQUEZ, Diego, Migración de la Radiodifusión Analógica a la Radiodifusión Digital por debajo de los 30 MHz en el País. Quito. 2007

Existen dos ventajas principales en la utilización del PAD: Primero, está totalmente sincronizado al audio a través de la línea de transmisión y segundo, permanece como privilegio del proveedor, el calcular la capacidad PAD con la calidad de audio, independientemente de otras multiplexaciones.

Una desventaja que se detecta es el hecho de no poder ser identificada como una entidad separada, por lo que será considerada como parte del servicio de audio y ninguna parte de este podrá ser señalizada por separado.

#### **1.2.1.2 Servicio de Datos Generales**

Son datos que no necesariamente pueden estar relacionados con el programa que se esté transmitiendo en ese instante. Estos datos se los puede transmitir en forma de stream, es decir en forma continua y en forma de paquete, es decir que se envía información fragmentada de cierta longitud.

#### **1.2.1.3 Canal de Información Rápida (FIC)**

Contiene información que puede ser adquirida de forma rápida por el receptor, ya que no son entremezclados en el tiempo. El FIC usa una codificación fija uniforme; es decir, igual para todos sus datos, además de tener alta redundancia para proteger aún más su contenido, ya que se repite frecuentemente con intervalos regulares. La información es subdividida y codificada en grupos FIGs (Fast Information Groups).

Los servicios de este canal son el mensaje de tráfico (TMC) y el sistema de alerta de emergencia (EWS).

#### **1.2.1.4 Información de Configuración de Multiplex (MCI)**

Contiene la información para que un receptor pueda acceder a la información de cualquier servicio que reciba. Se lo utiliza para listar los servicios disponibles en el conjunto de programas y para establecer el vínculo entre los servicios, los componentes y los subcanales.

#### 1.2.1.5 Información de Servicio (SI)

Contiene información suplementaria tanto para audio como para los datos así como también características misceláneas, las cuales tienen aplicación general, pero la gran mayoría está relacionada con la programación como son por ejemplo nombre, tipo, número de programa, tipos de anuncios, etc.

#### 1.2.1.6 Digitalizador y Codificador

Para poder manipular las señales que serán transmitidas será necesario convertirlas de señales analógicas a señales digitales, mediante un digitalizador. Este digitalizador trabajará a 48 kHz como frecuencia de muestreo y con muestras de 22 bits cada una. Una vez que se tienen señales exclusivamente digitales se procede a la codificación.

Estas señales ingresan al sistema de compresión MPEG-2 (*Moving Pictures Expert Group layer II*), con lo que se busca disminuir la tasa de bits de una señal de audio mediante dos principios:

- Quitar la redundancia de la señal de audio mediante la correlación estadística, y
- Reducir la información irrelevante de la señal de audio considerando los fenómenos psicoacústicos, como el enmascaramiento espectral y temporal.

Una vez codificadas las señales de audio, se forman tramas de audio las cuales están en el orden de 24ms, y que además contienen al PAD (Datos Asociados al Programa) respectivo.

Este sistema es capaz de procesar en mono modo o modo estéreo en tasas de 8 a 192 kbps.

#### 1.2.1.7 Ensamblador

Conocido como bloque de información rápida, aquí se acoplan los datos tanto del FIC como del MCI y SI, para luego ser procesados en el siguiente bloque.

#### 1.2.1.8 **Dispersión de Energía**

Como su nombre lo dice, se trata de distribuir uniformemente toda la energía disponible en toda la señal para que así se garantice que no existirán partes de la señal débil o muy fuerte, sino todo lo contrario, que se mantenga en un nivel promedio y no se pierda información que puede ser vital.

#### 1.2.1.9 **Codificador Convolutivo**

Una vez que la señal tenga un nivel constante de energía se procede a codificarlo, para lo cual se necesita de un código convolutivo y un mezclador. El código convolutivo lo que hace es almacenar los bits y formar vectores de  $x$  bits, en cambio que el *scrambler* trata de introducir un cierto desorden de manera que las portadoras adyacentes no sean moduladas por datos consecutivos, así, si se produce cierta pérdida de información llevada por portadoras adyacentes, el error debido a cada portadora queda aislado.

#### 1.2.1.10 **Entrelazado Temporal**

Para una corrección eficiente de errores con un código convolutivo es necesaria una distribución uniforme de los bits de error del canal. Para alcanzar una distribución uniforme de los bits erróneos en el flujo de datos antes del decodificador, los bits del codificador pueden ser ensanchados en el tiempo antes de que pasen al canal físico.

Ahora se debe tener en cuenta que una parte de la trama cuenta con el FIC, por lo que esta parte no puede sufrir retardos, lo que significa que el FIC no sufre el entrelazado temporal.

#### 1.2.1.11 **Mux**

Los datos codificados y entremezclados en el tiempo son alimentados al mux donde cada 24ms se junta 55,296bits, cada conjunto de estos bits corresponde a un CIF (*Common Interleave Frame*). Un CU (*Capacity Unit*) es el elemento más pequeño que puede ser direccionado en un CIF y contiene 64bits, por lo tanto un

CIF contiene 864 CUs. La unión de CIFs se denomina MSC (*Main Service Channel*).

#### 1.2.1.12 **Multiplexor**

En este bloque se combinan los datos provenientes del mux con los datos del ensamblador, para formar la trama de transmisión.

#### 1.2.1.13 **Modulación OFDM**

La señal OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) se genera a partir de los datos de entrada, el espectro requerido y el esquema de modulación a utilizar.

El sistema DAB utiliza la modulación DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*), es decir 2 bits por símbolo, junto con el esquema multiportadora OFDM, el cual cumple con los requerimientos justos de transmisión digital de alta velocidad para receptores móviles, portátiles y fijos, especialmente en ambientes multitrayectoria.

DQPSK consiste en dividir dinámicamente la información a ser transmitida en un gran flujo de bits, los cuales tienen baja velocidad, con las cuales se modulan portadoras individuales ortogonales, lo que da lugar a que la duración del símbolo sea mayor al retraso de los canales de transmisión.

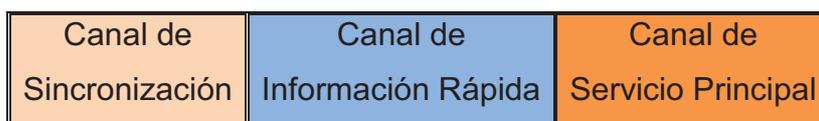
Al insertar un intervalo de guarda temporal entre los símbolos sucesivos, la selectividad del canal y la propagación multitrayectoria no causarán interferencia intersimbólica.

Con la propagación multicanal algunas de las portadoras son reforzadas por señales constructivas, mientras que otras se ven afectadas por la interferencia destructiva (*frequency selective fading*). Por consiguiente, el sistema provee entremezclado frecuencial a través de un reordenamiento del flujo de bits entre las portadoras (o reespaciamiento), de manera que fuentes sucesivas no se vean afectadas por el desvanecimiento selectivo.

#### 1.2.1.14 Trama DAB

Es la trama final que será transmitida, y se forma con todos los datos provenientes del multiplexor ya modulados.

La estructura de esta trama está directamente relacionada con el modo de transmisión elegido, pero su forma básica no difiere de las demás, la cual se muestra en la figura 1.2.



**Figura 1-2** Trama DAB<sup>2</sup>

La primera parte de la trama, el canal de sincronización, se compone básicamente de un símbolo especial para sincronizar el funcionamiento de los receptores, el cual indica el inicio de una trama, y además de toda la información necesaria para la correcta decodificación del resto de la trama.

El canal de información rápida ayuda al receptor a acceder a la información de la trama. Este canal debe ser interpretado de la manera más rápida posible, ya que eventos como los que afectan al estado y organización del multiplexor, deben tener una respuesta inmediata del receptor.

Finalmente el canal de información principal (MSC), contiene el audio y su respectivo PAD, este campo se forma a partir de los CIFs. Un MSC puede formarse hasta con 4 CIFs.

### 1.2.2 MODOS DE TRANSMISIÓN

Este sistema provee cuatro modos de transmisión, los cuales permiten el uso de una gran variedad de frecuencias de transmisión; estos modos han sido diseñados para manejarse en un amplio rango sobre el retardo y el efecto Doppler

<sup>2</sup> CADENA, Luis; VÁSQUEZ, Diego, Migración de la Radiodifusión Analógica a la Radiodifusión Digital por debajo de los 30 MHz en el País. Quito. 2007

en la recepción móvil con la presencia de múltiples trayectorias. En la tabla 1.1 se pone a consideración algunos parámetros de cada modo de transmisión.

**Tabla 1-1** Parámetros más significativos para cada modo de transmisión del sistema DAB<sup>3</sup>

Parámetro del Sistema	Modo de Transmisión			
	I	II	III	IV
Duración de la trama [ms]	96	24	24	48
Portadoras radiadas	1536	384	192	768
CIFs por trama	4	1	1	2
Tiempo de guarda [ $\mu$ s]	246	62	31	123
Duración útil de un símbolo [ $\mu$ s]	10000	250	125	500
Ancho de banda [MHz]	1,536	1,536	1,536	1,536
Separación entre portadoras [kHz]	1	4	8	2
Modulación	DQPSK	DQPSK	DQPSK	DQPSK
Rango de frecuencia nominal [MHz]	<375	<1500	<3000	<1500
Distancia máxima nominal entre transmisores para redes de frecuencia única (SFN) [km]	96	24	12	48
Tipo de enlace	Terrestre	Terrestre-Satelital	Terrestre	Terrestre Satelital

Técnicamente el sistema DAB puede ser utilizado en el intervalo de 30MHz a 3GHz. Este amplio rango de frecuencias incluye las bandas VHF I, II y III, las bandas UHF IV y V y la banda-L (que es la que está alrededor de los 1.5 GHz).

<sup>3</sup> CADENA, Luis; VÁSQUEZ, Diego, Migración de la Radiodifusión Analógica a la Radiodifusión Digital por debajo de los 30 MHz en el País. Quito. 2007

En la figura 1.3 se puede observar claramente que todos los modos de transmisión tienen el mismo ancho de banda por lo que sus espectros son casi parecidos, además todos presentan planicidad.

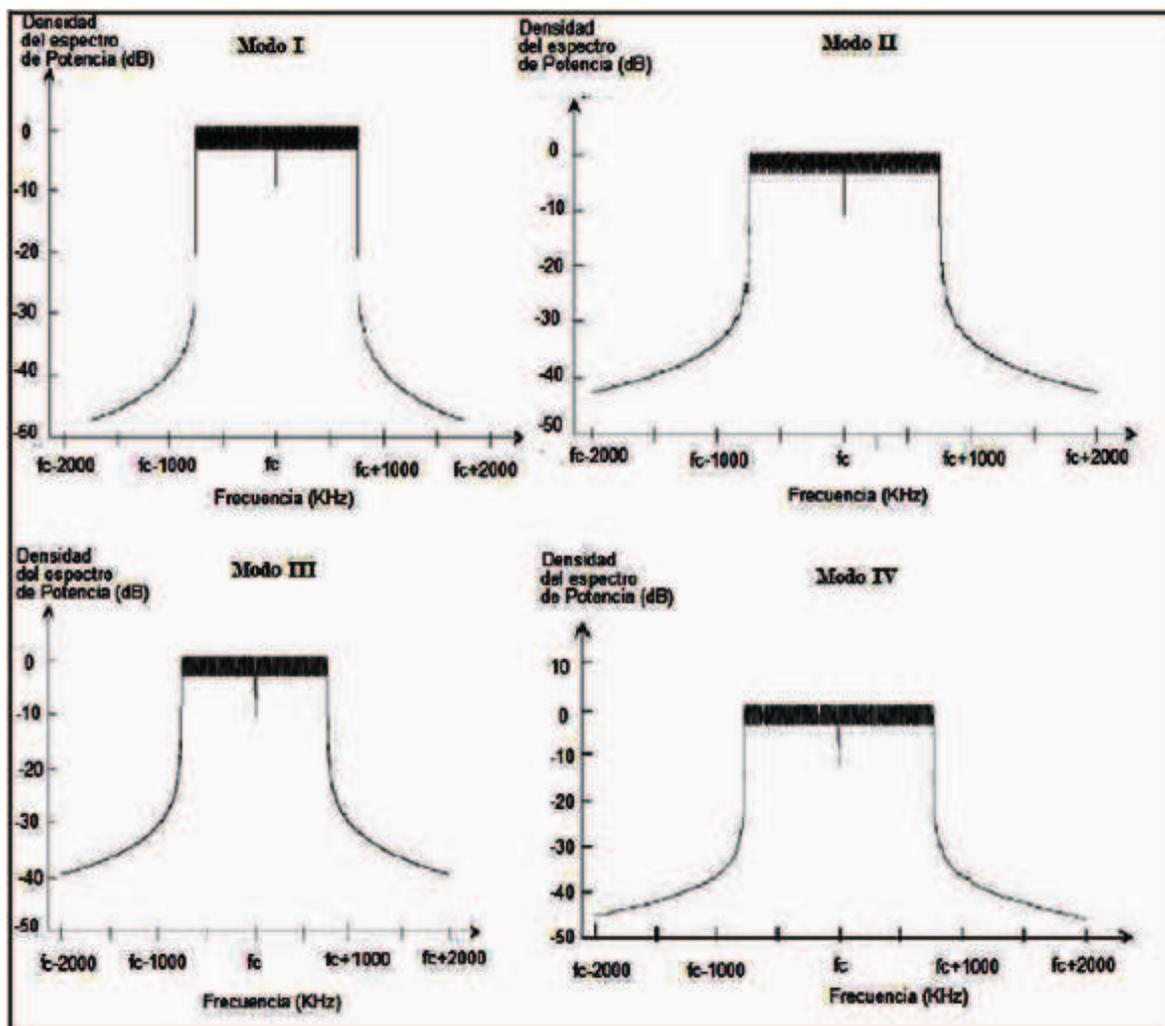


Figura 1-3 Espectro de los modos de transmisión del sistema DAB<sup>4</sup>

### 1.2.2.1 Modo I

Es el modo más apropiado para redes de frecuencia única por debajo de los 375MHz, ya que permite la máxima separación entre transmisores, lo que da lugar a una gran y amplia zona de cobertura.

<sup>4</sup> CADENA, Luis; VÁSQUEZ, Diego, Migración de la Radiodifusión Analógica a la Radiodifusión Digital por debajo de los 30 MHz en el País. Quito. 2007

#### 1.2.2.2 **Modo II**

Se emplea para redes de frecuencia única de tamaño medio en la banda L a 1.5GHz o también para las redes híbridas que utilizan un enlace terrestre-satelital. Fue diseñado para servicios locales y regionales.

#### 1.2.2.3 **Modo III**

Es apropiado para cable, satélite y transmisiones terrestres complementarias ya que puede ser operado en todas las frecuencias menores a 3GHz para la recepción móvil, además de tener la mayor tolerancia al ruido de fase. Este modo es adecuado para transmisiones que excedan el territorio nacional.

#### 1.2.2.4 **Modo IV**

Es también usado en la banda L y permite un mayor espaciamiento del transmisor en SFNs; sin embargo, es menos resistente a la degradación por velocidades altas en los vehículos, debido a la menor separación entre portadoras que en el modo II.

### 1.3 **ESTANDAR IBOC (*IN BAND ON CHANNEL*)**

Este estándar fue desarrollado por *iBiquity Digital Corporation* y adoptado por la NRSC (*National Radio Systems Committe*), por lo cual se la denominó NRSC-5, también se la conoce como HD (*Hybrid Digital*) Radio ya que permite las transmisiones tanto del audio digital como del audio analógico.

Este estándar también es conocido como el estándar norteamericano ya que Estados Unidos fue el primer país en implementar esta tecnología. Una particularidad de esta tecnología es que fue impulsada por empresas privadas para permitir una migración gradual de la transmisión analógica actual a una transmisión completamente digital ya que permite transmisión simulcast, con lo cual si disponemos de un receptor analógico recibiremos señales analógicas y si disponemos de receptores digitales de igual manera.

### 1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Este sistema inserta la señal digital en la señal analógica ya existente, con lo cual no es necesario el uso de más recursos del espectro radioeléctrico, es decir ya no se necesita un mayor ancho de banda, y además se sigue usando la infraestructura existente.

Este sistema maneja audio digital comprimido y utiliza técnicas tanto de procesamiento de señal en banda base como el entrelazado con FEC (*Forward Error Correction*), con lo cual se incrementa la robustez de la señal en el canal de transmisión y se minimiza cualquier interferencia que pueda existir entre la señal analógica y la señal digital.

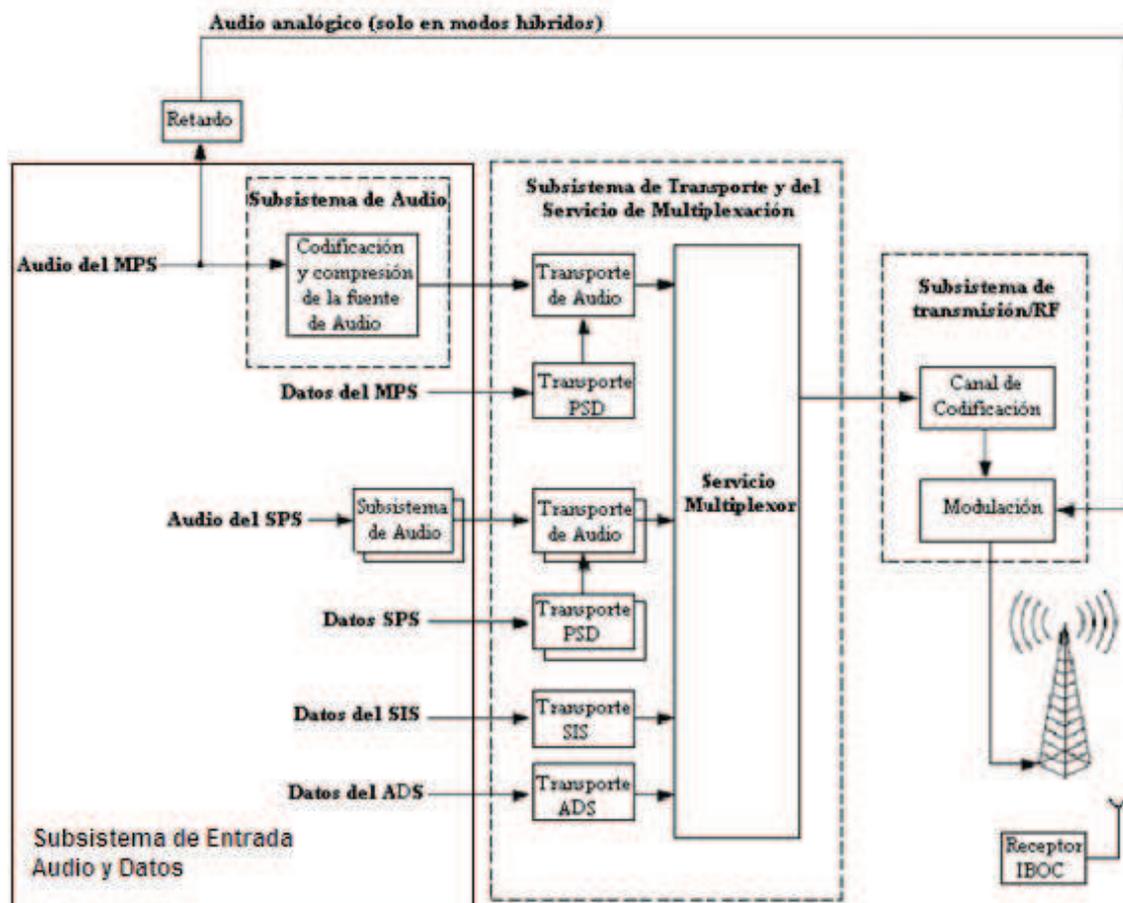


Figura 1-4 Diagrama de bloques del sistema IBOC<sup>5</sup>

<sup>5</sup> CADENA, Luis; VÁSQUEZ, Diego, Migración de la Radiodifusión Analógica a la Radiodifusión Digital por debajo de los 30 MHz en el País. Quito. 2007

En la figura 1.4 se puede observar el diagrama de bloques de este sistema, el cual se lo puede resumir en tres subsistemas principales: subsistema de entrada de audio y datos, subsistema de transporte y del servicio de multiplexación y el subsistema de transmisión/RF.

A continuación se procederá a dar una breve explicación de cada uno de los componentes que forman el sistema como tal.

### 1.3.1.1 Subsistema de Entrada de Audio y Datos

Es la parte inicial del sistema al cual ingresa el audio, además de todos los datos necesarios para poder brindar los múltiples servicios soportados por el estándar.

#### 1.3.1.1.1 *Entrada de Datos*

Existen dos grupos de datos de entrada: un grupo sirve para el servicio de programa, el cual incluye información descriptiva relacionada con el programa a transmitir, y otro grupo que sirve para servicio de aplicación avanzada.

- Datos del Servicio de Programa (PSD)

MPS (Servicio de Programa Principal) y SPS (Servicio de Programa Suplementario) que se transmiten junto con el programa al cual pertenecen para complementarlo, es decir envían información para que el oyente pueda saber qué está escuchando en ese instante.

- Datos del Servicio de Aplicación Avanzada

SIS (Servicio de Información de Estación), estos datos son parecidos a los del grupo anterior solo que son más generales, y envían información relacionada con la programación, además que permite al oyente identificar a cualquier estación.

ADS (Servicio de Datos Avanzados), estos datos facilitan la transmisión de datos no relacionados con los mencionados anteriormente, como puede ser la información del tráfico, etc.

#### 1.3.1.1.2 *Entrada de Audio*

MPS (Servicio de Programa Principal) y SPS (Servicio de Programa Suplementario) deben codificarse y comprimirse utilizando tecnologías adecuadas, el estándar utiliza un códec AAC (Codificación de Audio Avanzado) con SBR (Repetición de Banda Espectral), con lo cual la fidelidad del audio es comparable con FM (Frecuencia Modulada). También suele utilizarse el algoritmo de PAC *Lucent Technologies*. En ambos casos se hace uso del efecto psicoacústico del oído con el objeto de transmitir exclusivamente aquella información importante y no redundante.

#### 1.3.1.2 **Subsistema de Transporte y del Servicio de Multiplexación**

Es la parte media del sistema en general, aquí se recibe la información de datos y audio, la organiza en paquetes y los multiplexa en un solo flujo de bits los cuales serán enviados al subsistema de transmisión/RF. Cada paquete es identificado únicamente como paquete de datos o paquete de audio según su naturaleza. Tanto los datos MPS como SPS son llevados por el transporte de datos del servicio del programa (PSD), el cual se combina con el transporte de audio en un solo flujo de datos y posteriormente son multiplexados.

Todo esto permite al sistema ofrecer servicios como los que se mencionan a continuación.

##### 1.3.1.2.1 *Servicio del Programa Principal (MPS)*

Este servicio es orientado al programa de audio, tanto digital como analógico. Incluye una determinada capacidad de datos para la transmisión de información relacionada con el programa.

##### 1.3.1.2.2 *Servicio de Programa Suplementario (SPS)*

Servicio orientado para programas de audio suplementarios como su nombre lo indica. Incluye una determinada capacidad de datos para la transmisión de información relacionada con el programa.

### 1.3.1.2.3 Servicio de Identificación de la Estación (SIS)

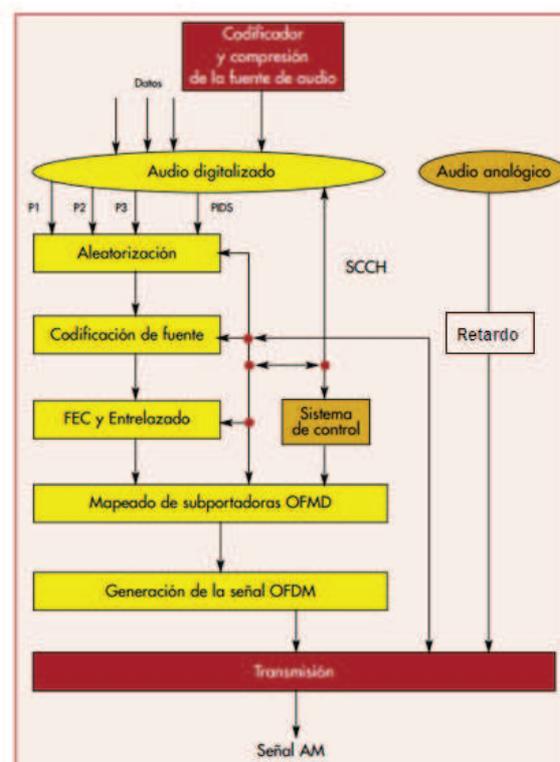
Este servicio transmite los datos necesarios para el control e identificación de la estación, con lo cual el usuario puede seleccionar una determinada estación con los servicios que la misma preste como por ejemplo nombre, localización, etc.

### 1.3.1.2.4 Servicio de Datos Avanzado (ADS)

Son datos que se transmiten para aplicaciones que pueden o no estar relacionadas con el programa de audio.

### 1.3.1.3 Subsistema de Transmisión/RF

Este subsistema es la parte final del sistema, el cual toma el flujo de bits multiplexados del subsistema anterior. Este flujo de bits son modulados y entrelazados con la técnica OFDM. Como este estándar funciona tanto en AM como FM, nosotros nos concentraremos únicamente en la parte de AM.



**Figura 1-5** Componentes de Subsistema de Transmisión/RF<sup>6</sup>

<sup>6</sup> [http://coitt.es/res/revistas/Antena164\\_07a\\_Reportaje\\_La\\_onda.pdf](http://coitt.es/res/revistas/Antena164_07a_Reportaje_La_onda.pdf)

En la figura 1.5 se puede observar los componentes de este subsistema, los cuales explicaremos a continuación.

#### 1.3.1.3.1 *Canales Lógicos*

Son trayectos por los cuales los servicios multiplexados son transportados en tramas para ser mezclados en el bloque de aleatorización. Se tienen cuatro canales lógicos, los cuales son P1, P2, P3 Y PIDS. P1, P2 y P3 son diseñados con el propósito de transferir audio y datos y además configurar los servicios que se prestan, el canal PIDS (*Primary IBOC Data Service*) está diseñado para transportar los datos del SIS.

EL canal lógico P1 es el más robusto mientras que el canal lógico P3 es el menos robusto, por lo cual se puede enviar información dependiendo de la aplicación.

#### 1.3.1.3.2 *Aleatorización*

También se lo conoce como mezclado y no es más que colocar al azar los datos digitales transportados en cada canal lógico para atenuar las periodicidades de la señal y ayudar al receptor en la sincronización.

#### 1.3.1.3.3 *Codificación*

Una vez aleatorizados los datos se los procesa para una corrección de errores FEC.

#### 1.3.1.3.4 *Entrelazado*

Con el fin de atenuar los efectos de las ráfagas de errores producidos por interferencia y desvanecimientos se tiene el entrelazado que provee gran diversidad de tiempo y frecuencia.

#### 1.3.1.3.5 *Mapeo de Subportadora OFDM*

Consiste en representar cada símbolo, dependiendo de la modulación utilizada (16-QPSK, DQPSK o 64-QAM), en un plano bidimensional, con lo cual se tiene como resultado que cada símbolo corresponde a un único vector complejo.

#### 1.3.1.3.6 *Generación de la Señal OFDM*

Como cada símbolo es un vector complejo, es decir que nos encontramos en el dominio de la frecuencia, debemos recurrir a la Transformada Discreta de Fourier para poder regresar al dominio del tiempo.

#### 1.3.1.3.7 *Transmisión*

Se utiliza el método de multiportadoras OFDM, con lo cual se puede transmitir también en forma híbrida, es decir se puede transmitir señal digital con señal analógica. Pero se debe tener en cuenta que la señal para digitalizarla tuvo que pasar por muchos procesos, por lo cual se aplica un retardo por diversidad a la señal analógica para que pueda ser transmitida al mismo tiempo que la señal digital. Finalmente como la señal analógica esta en banda base se debe modularla previa su transmisión.

### 1.3.2 **MODOS DE TRANSMISIÓN**

Como ya se mencionó anteriormente, este sistema puede operar en dos modos de transmisión, un modo totalmente digital y otro modo híbrido, es decir señal digital con señal analógica.

#### 1.3.2.1 **Modo Híbrido**

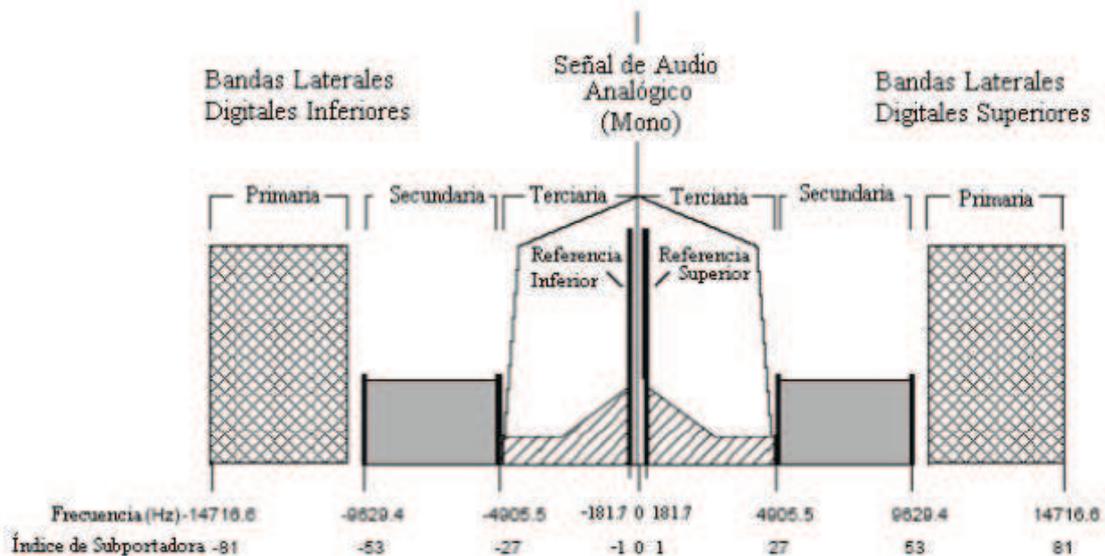
También llamado *Simulcast*, permite que mientras se introduce el sistema, sea posible la recepción de los programas tanto con los nuevos receptores digitales como para los receptores analógicos convencionales.

La señal digital es transmitida en bandas laterales y por debajo de la señal analógica por lo que la señal digital es reducida en amplitud respecto de la señal analógica. La señal analógica no puede ser transmitida en estéreo pero la calidad de la señal digital es muy superior a esta.

Un beneficio interesante de este modo es que incorpora la diversidad en tiempo entre las señales analógica y digital. La señal analógica es retardada respecto a la señal digital con el fin de lograr sincronización entre ambas señales para que el

receptor pueda conmutar a la señal analógica cuando la presencia de error en la señal digital sea excesiva.

En la figura 1.6 se muestra el espectro de la señal a transmitir utilizando este modo.



**Figura 1-6** Espectro de una señal IBOC AM en Modo Híbrido<sup>7</sup>

### 1.3.2.2 Modo Digital

En este modo se transmiten señales exclusivamente digitales como su nombre lo indica, por lo que el funcionamiento se mejora. Los radiodifusores podrán pasar del modo híbrido al modo totalmente digital una vez que el número de receptores analógicos sea escaso y que además exista suficientes receptores digitales en el mercado.

Como ya no se tienen señales analógicas, las señales digitales aumentan en su potencia y se desplazan en frecuencia. Este modo de transmisión utiliza las

<sup>7</sup> CADENA, Christian; TACURI, Darío, Estudio comparativo de los aspectos técnicos de los Estándares de Radiodifusión Digital Terrestre IBOC (In-band-on-channel), DAB (Digital Audio Broadcasting), ISDB-TSB (Japan's Digital Radio Broadcasting) y DRM (Digital Radio Mondiale) a considerarse, para su posible implementación en el País. Quito. 2009.

mismas velocidades que el modo híbrido con el fin de facilitar al receptor para que pueda operar en ambos modos.

La portadora principal es utilizada como referencia por lo que no es modulada.

En la figura 1.7 se observa el espectro de la señal IBOC AM en modo totalmente digital.

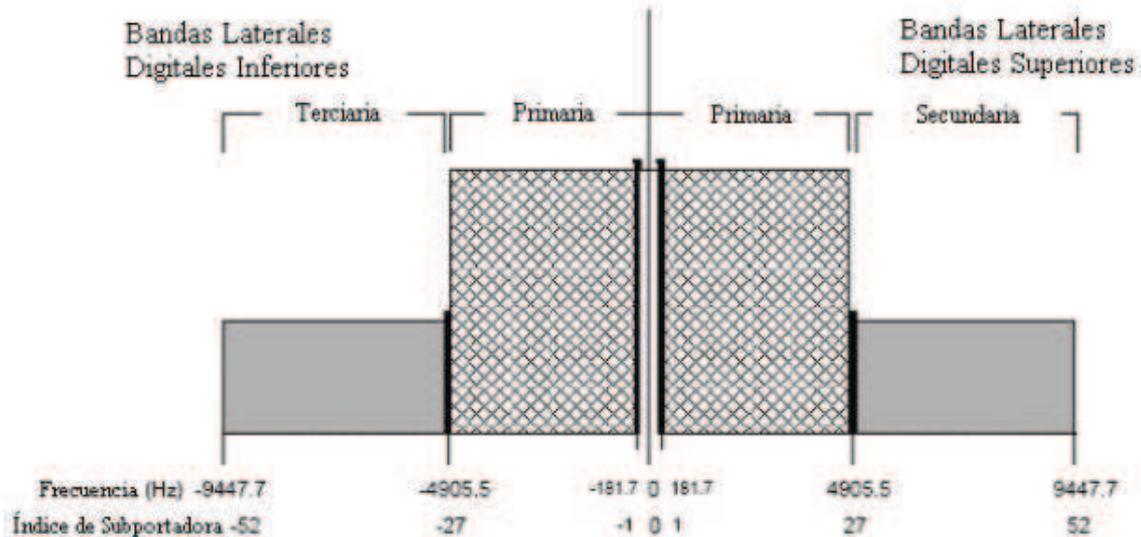


Figura 1-7 Espectro de una señal IBOC AM en Modo Digital<sup>8</sup>

#### 1.4 ESTANDAR DRM (*DIGITAL RADIO MONDIALE*)

Este sistema fue desarrollado por el consorcio DRM, el cual es una organización sin fines de lucro formado por radiodifusores, fabricantes de equipos, operadores de comunicaciones, instituciones de investigación y organismos reguladores que, en conjunto, crearon un sistema digital para las bandas de radiodifusión AM debajo de 30MHz en onda corta, media y onda larga, es por esto que también se lo denomina a este estándar como DRM30. Actualmente se lo ha desarrollado hasta los 120MHz. El ancho de banda que se utiliza en este sistema es de 9 o 10kHz o sus múltiplos.

<sup>8</sup> CADENA, Christian; TACURI, Darío, Estudio comparativo de los aspectos técnicos de los Estándares de Radiodifusión Digital Terrestre IBOC (In-band-on-channel), DAB (Digital Audio Broadcasting), ISDB-TSB (Japan's Digital Radio BRoadcasting) y DRM (Digital Radio Mondiale) a considerarse, para su posible implementación en el País. Quito. 2009.

El sistema DRM se ha diseñado en base a la experiencia de sus miembros en el ámbito de radiodifusión para asegurar que el estándar resultante reúna los requisitos necesarios y también ha utilizado la experiencia ganada por el proyecto Eureka 147 con el que se desarrolló el sistema DAB (DRM es el proyecto Eureka N° 1559, que originalmente fue llamado NADIB (*Narrow Digital Broadcasting*) y luego se lo cambió a DRM).

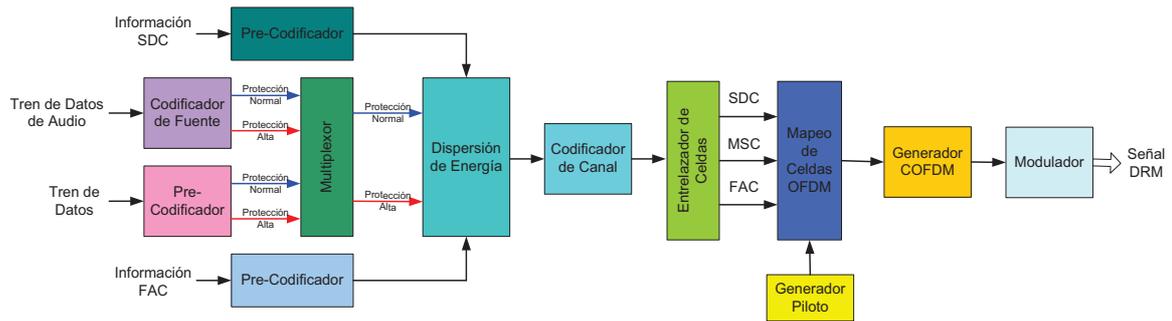
DRM es el único sistema no propietario de radiodifusión digital en las bandas de AM a nivel mundial. Manteniendo la canalización del actual sistema AM, proporciona una calidad cercana al del sistema FM, reduce la potencia empleada por AM para una misma cobertura y reutiliza las instalaciones de transmisión existentes para AM (en la mayoría de los casos) simplifica la planificación, con la posibilidad de tender redes de frecuencia única (SFN); hace más sencilla la interacción con el oyente y aumenta enormemente la flexibilidad en los contenidos radiodifundidos. Tiene posibilidad de emitir simultáneamente las señales analógicas (AM) y digitales (DRM) con la misma portadora (*simulcasting*) durante el periodo de transición.

El sistema DRM ha sido certificado por organismos internacionales, entre ellos el Instituto Europeo de Normas en Telecomunicaciones ETSI (ES 201 980) la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT con la recomendación BS. 1514.

#### 1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema DRM utiliza la modulación COFDM (*Codec Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), la señal se modula en un gran número de portadoras (máximo 460). Esto permite a un emisor evitar los problemas con los diferentes caminos que una onda puede seguir para alcanzar a un receptor. Adicionalmente DRM puede integrar datos. La codificación de la señal de audio DRM usa varios sistemas: MPEG4 AAC cuando hay una mezcla de voz y contenido musical y MPEG4 CELP cuando los contenidos de las señales sólo es voz sin contenido musical. DRM es de hecho una aplicación del DAB.

En la figura 1.8 se puede apreciar el diagrama de bloque del sistema, el cual procederemos a explicar a continuación.



**Figura 1-8** Diagrama de bloques del Sistema DRM<sup>9</sup>

Como se puede observar, a la entrada del sistema se tienen dos tipos de información: audio y datos, los cuales son codificados y enviados al multiplexor de servicio principal con distintos tipos de protecciones, y dos canales de información: Canal de Acceso Rápido (FAC) y Canal de Descripción del Servicio (SDC), los cuales no son enviados al multiplexor de servicio principal.

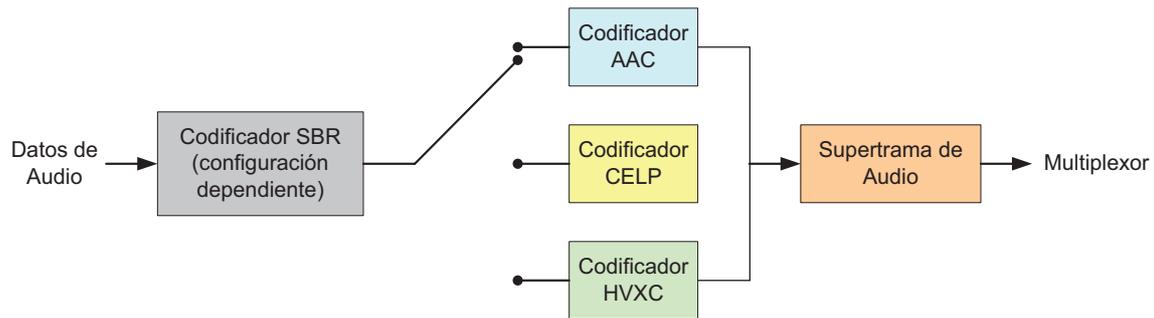
#### 1.4.1.1 Codificador de Fuente

La señal de audio primeramente debe digitalizarse, pero como solo se dispone de un ancho de banda reducido como 10kHz, la tasa de bits es excesiva, por lo cual se hace necesario utilizar la codificación de fuente para reducir esta velocidad.

El codificador de fuente de audio y los pre-codificadores de datos aseguran la adaptación de los flujos de entrada a un formato de transmisión digital apropiado.

La eficiencia de la codificación de fuente debe ser muy elevada para lograr una buena calidad de audio. Un requisito es que ellos también deben actuar en los canales propensos al error, por estas y otras razones se han adoptados los siguientes tipos de codificaciones, los cuales se muestran en la figura 1.9.

<sup>9</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.



**Figura 1-9** Codificador de Fuente<sup>10</sup>

El codificador AAC (*Audio Advanced Coding*) nos ayuda para codificar solamente los sonidos que el cerebro humano es capaz de percibir.

El codificador CELP (*Code-excited linear prediction*) mayormente utilizado para la codificación de la voz para obtener velocidades de transmisiones bajas a las comúnmente utilizadas.

El codificador HVXC (*Harmonic Vector eXcitation Coding*) para codificar voz a velocidades muy bajas pero con calidad aceptable.

El codificador SBR (*Spectral band replication*) ayuda a mejorar la calidad de audio percibida mediante una técnica de frecuencia de banda base más alta que utiliza información de las frecuencias más bajas como señales de aviso. Con esto podemos recuperar la información de las frecuencias mayores que pueden perderse en la transmisión.

#### 1.4.1.2 Pre-codificador

Los pre-codificadores preparan los datos y se aseguran de que estos tengan un correcto formato digital.

#### 1.4.1.3 Multiplexación

El multiplexor combina los niveles de protección de todos los servicios de datos y audio. Los datos a la salida del codificador de fuente de audio son multiplexados

<sup>10</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

con el resto de datos asociados al programa obteniendo lo que se denominan datos útiles.

La dispersión de energía proporciona un complemento determinístico y selectivo de bits para reducir la posibilidad de que patrones sistemáticos resulten en una regularidad no deseada de la señal transmitida, es decir que existan largas secuencias de bits de valor constante.

El multiplexor en DRM debe reunir diferentes requisitos. Por un lado debe permitir una rápida selección de servicio en todo el rango de frecuencias, y por otro lado tiene que ser transmitida mucha información asociada con el programa. Por consiguiente se introducen tres canales lógicos en el multiplex.

#### 1.4.1.3.1 *Canal de Servicio Principal (MSC)*

El MSC está formado por el audio y los datos, contiene la mayoría de la capacidad de datos llevada en una señal DRM para los servicios contenidos en el multiplexor DRM. Este puede contener entre uno y cuatro servicios, y cada servicio puede ser de audio o de datos.

La totalidad de la tasa de bit del MSC es dependiente del ancho de banda del canal DRM y del modo de transmisión.

#### 1.4.1.3.2 *Canal de Acceso Rápido (FAC)*

El FAC es el primer componente que el receptor debe decodificar antes de proceder a decodificar los otros dos componentes en el multiplexor. Este componente lleva los datos más críticos y siempre se transmite con la modulación más robusta, por consiguiente usa la modulación 4 QAM. Debido a la complejidad de modulación relativamente baja, el FAC (Canal de Acceso Rápido) no se entrelaza en tiempo, como el SDC (Canal de Descripción del Servicio) y MSC (*Main Service Channel*). Esto asegura que el receptor toma el menor tiempo para adquirir y decodificar esta información y puede hacer esto a un nivel más bajo de SNR (relación de señal a ruido) que el requerido para los otros dos componentes. Si la decodificación del SDC y MSC falla, debido a una señal que se desvanece, por ejemplo, el FAC (Canal de Acceso Rápido) generalmente continuará

asegurando la sincronización de recepción, así minimiza el tiempo de recuperación para el servicio de audio después que un severo desvanecimiento finaliza.

El FAC (Canal de Acceso Rápido) proporciona información sobre el ancho de banda de la señal y otros parámetros y se utiliza también para permitir la exploración rápida de la información de selección de servicio. Contiene información sobre los parámetros del canal (por ejemplo la ocupación del espectro y la profundidad de entrelazando) tal que un receptor puede empezar a decodificar el multiplexor eficazmente. Esta información puede ser la modulación que se usa para el SDC y MSC, la información sobre los servicios del MSC como la cantidad de servicios que lleva y el nombre de los mismos.

#### 1.4.1.3.3 *Canal de Descripción del Servicio (SDC)*

Una vez que la información del FAC ha sido decodificada, el receptor puede empezar a decodificar la información llevada en el SDC. Entre otras cosas, el SDC describe en detalle cómo decodificar los servicios contenidos en el MSC, cómo encontrar fuentes alternativas de los mismos servicios o relacionados, en qué región(es) y cuándo ellos están disponibles y da los atributos a los servicios dentro del multiplexor.

Los datos del SDC se entrelazan para aumentar su resistencia a un desvanecimiento de corto período. Siempre usa una modulación menos compleja que el MSC para asegurar que pueda decodificarse a un nivel más bajo de SNR que el requerido para el MSC.

Puede lograrse la verificación de frecuencias alternativas, sin la pérdida del servicio, guardando los datos llevados en el SDC. Por consiguiente, los datos en las tramas SDC tienen que ser manejados cuidadosamente. Teniendo en cuenta la velocidad binaria disponible, es necesario encontrar un justo equilibrio entre flexibilidad y eficiencia, protegiendo cada bit de información al nivel apropiado. Es preciso distinguir entre los datos útiles y los que el receptor necesita para seleccionar y decodificar el programa deseado.

Existe la opción de protección variable contra los errores en función del tipo de datos. Los datos más protegidos deberán ser aquellos cuya alteración origina consecuencias más graves para la señal de audio. El SDC que contiene más datos, también los envía repetidamente aunque en ciclos más largos, pero suficientes como para mantener su eficiencia.

#### 1.4.1.4 **Dispersión de Energía**

Una vez que se ha multiplexado el MSC, estos datos junto con los del SDC y del FAC deben someterse a la dispersión de energía, la cual proporciona un complemento determinístico y selectivo de bits para reducir la posibilidad de que patrones sistemáticos resulten en una regularidad no deseada de la señal transmitida.

#### 1.4.1.5 **Codificador de Canal**

El sistema DRM se compone por tres canales diferentes: MSC, SDC y FAC. Debido a las diferentes necesidades de estos canales se aplicarán esquemas de codificación de canal y de correspondencia independientemente. Los diferentes canales lógicos requieren diferente robustez de error, dadas por varias constelaciones y tasas de código. Adicionalmente la combinación de la constelación y la tasa de código proporcionan un alto grado de flexibilidad sobre una amplia gama de canales de transmisión.

##### 1.4.1.5.1 *Codificación Multinivel (MLC)*

El sistema DRM utiliza un esquema de Codificación Multinivel (MLC), con el cual la codificación de canal y la modulación se optimizan de manera conjunta, para alcanzar el óptimo desempeño en la transmisión. Esto significa que los diferentes componentes del multiplexor usan diferente modulación para asegurar que los componentes más críticos del mismo tengan una mayor resistencia a la propagación adversa que aquéllos componentes menos sensibles.

La modulación usada es QAM. La meta de desarrollo era un BER (Bit Error Rate) de menos de  $10^{-4}$ , que se requiere por el decodificador de fuente para obtener un

audio casi imperturbable. Esto denota que más posiciones de bits propensos al error en un esquema QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) consiguen una mayor protección. Siempre debe existir una diferencia entre los esquemas de modulación usados por el MSC y SDC para tener siempre una diferencia resultante en las relaciones de señal a ruido de los dos canales.

Una vez que el material se ha codificado para volverse datos QAM, se emplea una técnica de entrelazado de celdas, la cual crea una secuencia de celdas QAM consecutivas extendidas, casi-randómica, de forma que están separadas en el tiempo y la frecuencia, para proporcionar un elemento adicional de robustez durante la transmisión.

#### 1.4.1.6 Entrelazador de Celdas

El entrelazador de celdas dispersa las celdas QAM consecutivas en una sola secuencia de celdas, casi aleatoriamente separadas en tiempo y en frecuencia, con el fin de proporcionar un elemento adicional de robustez en la transmisión del audio en canales dispersos en tiempo y en frecuencia.

#### 1.4.1.7 Mapeo de Celdas OFDM

Recopila las diferentes clases de celdas y las coloca en una sola rejilla de tiempo-frecuencia.

#### 1.4.1.8 Generador Piloto

Se agregan múltiples señales piloto de 'sincronización' para permitir la demodulación coherente de la señal. Estas señales piloto se extienden por el ancho de banda del canal para dar un elemento de diversidad de frecuencia.

#### 1.4.1.9 Generador COFMD y Modulador

En este punto, a cada portadora se le asigna un conjunto de datos, los cuales se modulan junto con su portadora para poder transmitidos.

### 1.4.1.10 La Supertrama DRM

Cada supertrama de transmisión consiste en tres tramas de transmisión. Cada trama de transmisión consiste en  $N_S$  símbolos OFDM. Es importante notar que todos los símbolos OFDM siempre contienen datos e información de referencia. En más detalle, una trama de transmisión OFDM contiene celdas de datos o celdas MSC, celdas de control y celdas piloto. Las celdas de control consisten en el FAC y el SDC como se describió antes. El SDC se repite en cada supertrama de transmisión.

En la figura 1.10 se muestra esta supertrama.

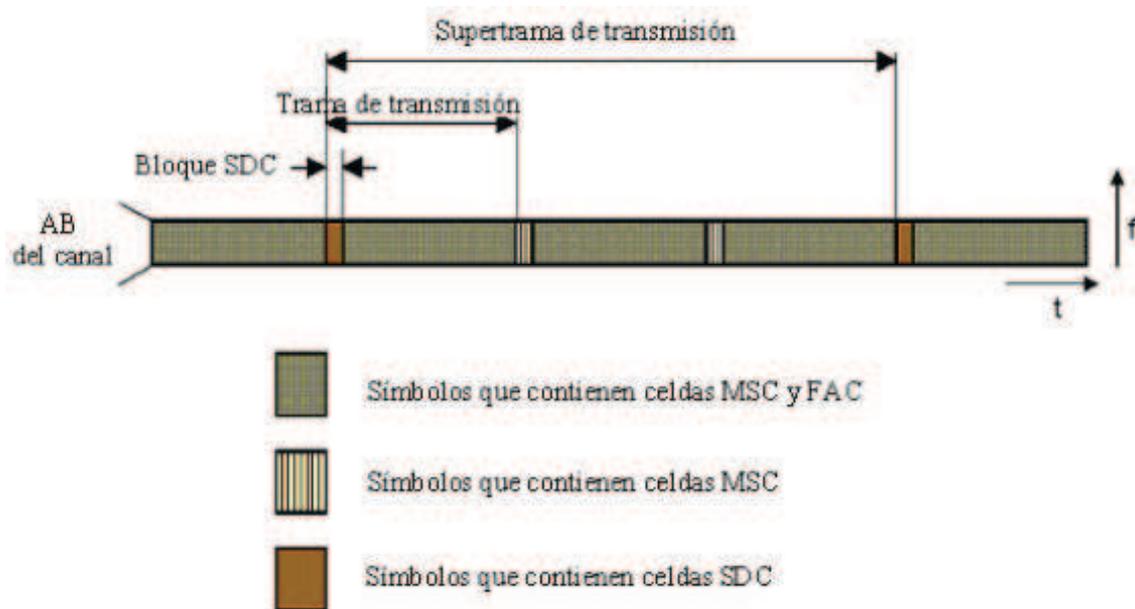


Figura 1-10 Supertrama DRM<sup>11</sup>

### 1.4.2 MODOS DE TRANSMISIÓN

Existen disponibles diferentes modos de transmisión que satisfacen distintas limitaciones de operación. Un modo de transmisión se define por parámetros de transmisión clasificados en dos tipos: Parámetros relacionados con el ancho de banda de la señal, parámetros relacionados por la eficiencia de la transmisión.

<sup>11</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

El primer tipo de parámetros definen la cantidad total de ancho de banda de la frecuencia para una transmisión. Los parámetros relacionados con la eficiencia permiten un intercambio entre la capacidad (tasa de bit útil) y distinción al ruido, multitrayecto y efecto Doppler. El desplazamiento Doppler, la dispersión Doppler y la dispersión por retardo son tres fenómenos de propagación que pueden afectar a la recepción.

En base a todo lo descrito anteriormente se han establecido 4 modos de transmisión: A, B, C y D, los cuales se encuentran en la tabla 1.2 con el tiempo útil ( $T_u$ ) y el tiempo de guarda ( $T_g$ ) de cada símbolo.

**Tabla 1-2** Modos de Trasmisión DRM<sup>12</sup>

Parámetro	Modo de Transmisión			
	A	B	C	D
N° de Portadoras	220	206	138	88
$T_u$ [ms]	24	21.3	14.6	9.3
$T_g$ [ms]	2.6	5.3	5.3	7.3

El modo A es utilizado para canales gaussianos sometidos a mínimos desvanecimientos.

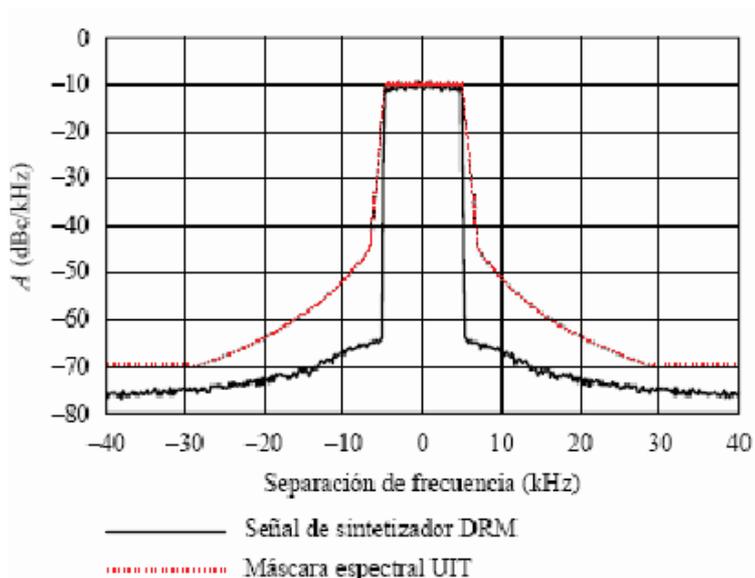
El modo B, es robusto frente a las dispersiones de tiempo frecuencia debidas al efecto de multitrayecto.

El modo C es parecido al modo B pero con mayor importancia sobre la dispersión de frecuencia.

El modo D es idéntico al modo B pero con una mayor robustez a estas dos dispersiones, la de tiempo y la de frecuencia.

<sup>12</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

En la figura 1.11 se muestra el espectro de una señal DRM.



**Figura 1-11** Espectro de una señal DRM<sup>13</sup>

## 1.5 COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL AM

Una vez revisados los tres estándares de radio digital, se procederá a realizar una comparación de los aspectos más relevantes de los mismos, los cuales se presentan a continuación en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3** Comparación entre Estándares<sup>12</sup>

Parámetro	Estándar		
	DAB	IBOC	DRM
Ancho de Banda	1.5MHz	20kHz en modo Digital completo 30kHz en modo Híbrido	4.5; 5; 9; 10; 18; 20kHz
Rango de Frecuencias	Banda VHF: 174 a 240MHz Banda L: 1450 a 1490MHz	560 a 1600kHz.	Debajo de 30MHz y hasta los 120MHz
Calidad del audio	Calidad FM	Calidad FM	Calidad de sonido

<sup>13</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

Parámetro	Estándar		
	DAB	IBOC	DRM
	estereofónica obtenible con un ancho de banda inferior a 200kHz	estereofónica obtenible con un ancho de banda inferior a 200kHz	FM monofónica para canales de 9 o 10kHz
<b>Gama de calidad de audio y tipos de recepción</b>	La gama va desde 8 a 384kbps por canal de audio en incrementos de 8kbps	La gama va desde 8 a 96kbps por canal de audio en incrementos de 8kbps	La gama va desde 8 a 72kbps por canal de audio en incrementos de 8kbps
<b>Consumo de potencia</b>		La potencia se conserva	Hasta cuatro veces menos que la analógica
<b>Comportamiento en entornos multitrayecto y de sombra</b>	El sistema está diseñado especialmente para el funcionamiento multitrayecto	El sistema está diseñado especialmente para el funcionamiento multitrayecto	Sistema concebido para condiciones de propagación diferentes y adversas
<b>Procesamiento de la señal del receptor común para la radiodifusión por satélite y terrenal</b>	Permite utilizar el mismo receptor, desde el paso de entrada de RF hasta la salida de audio y datos. Pueden usarse antenas integradas o separadas	No disponible para radiodifusión por satélite	No disponible para radiodifusión por satélite
<b>Reconfiguración y calidad en función del número de programas</b>	El múltiplex de servicio se basa en 64 subcanales cuya capacidad varía entre 8kbps y 1Mbps aproximadamente, dependiendo del nivel de protección contra errores.	Se emplea un multiplexor flexible de bloques modulares de 16kbps	Se emplea un multiplexor flexible de bloques modulares de 8kbps
<b>Zona de cobertura del satélite</b>	Permite establecer servicios de satélite con distintos tamaños de la zona de cobertura	No disponible para radiodifusión por satélite	No disponible para radiodifusión por Satélite
<b>Capacidad de datos asociados a programas PAD</b>	Se dispone de un canal de PAD que va desde 0.66 a 64kbps, mediante una reducción de	Se puede dar PAD que comprenden texto (letreros dinámicos) y gráficos con control de acceso	Se puede dar PAD que comprenden texto (letreros dinámicos) y gráficos con control de acceso

Parámetro	Estándar		
	DAB	IBOC	DRM
	cualquier canal de audio en la cantidad correspondiente	condicional	condicional
<b>Capacidad de datos de valor añadido</b>	Todo subcanal (de los 64) no utilizado para audio puede utilizarse para servicios de datos independientes del programa. La capacidad total llega hasta 16kbps	Puede asignarse capacidad en incrementos de 8kbps hasta la capacidad total de 1.536Mbps del múltiplex	No definido
<b>Asignación flexible de servicios</b>	El multiplexor puede reconfigurarse dinámicamente en forma transparente para el usuario	El multiplexor puede reconfigurarse dinámicamente en forma transparente para el usuario	El multiplexor puede reconfigurarse dinámicamente en forma transparente para el usuario
<b>Fabricación de bajo costo del receptor</b>	Permite la fabricación en masa obteniendo un precio reducido para el consumidor de los receptores	Se pretende la fabricación en masa para obtener un precio reducido para el consumidor de los receptores	Se ha establecido un grupo de normalización para obtener la fabricación de receptores de bajo costo basados en las técnicas de producción en masa
<b>Modelo de infraestructura</b>	Tendrá a menudo diferentes requisitos de infraestructura a los servicios de radio analógicos actuales con el impacto resultante en las áreas de licencia y cobertura	Puede usar una infraestructura muy similar a los sistemas analógicos actuales dando cobertura similar	Puede usar una infraestructura muy similar a los sistemas analógicos actuales dando cobertura similar
<b>Tiempo que durará la transición</b>	Por ser nueva su transición tomaría menos tiempo	A mediano o largo plazo si se la adopta por ser sustitutiva	A mediano o largo plazo si se la adopta por ser sustitutiva

El estándar que más sobresale es DRM ya que cuenta con varios niveles de protección para la información ya sea audio o datos, con lo cual se garantiza la fidelidad de la información que se recibe al lado del receptor. Otra característica es sus múltiples anchos de banda que utiliza con lo cual dependiendo de la

información a enviar, el ancho de banda a utilizar es variable. Y por último, la más importante, es su consumo de potencia que al compararse con la tecnología analógica actual su ahorro de potencia es de hasta cuatro veces para lograr una cobertura igual o mayor a la actualmente existente. También se considera como una ventaja el hecho de que trabaja en la misma banda de frecuencias en que se encuentra AM, lo cual facilitaría su posible implementación, es decir la migración de tecnología.

## CAPÍTULO 2

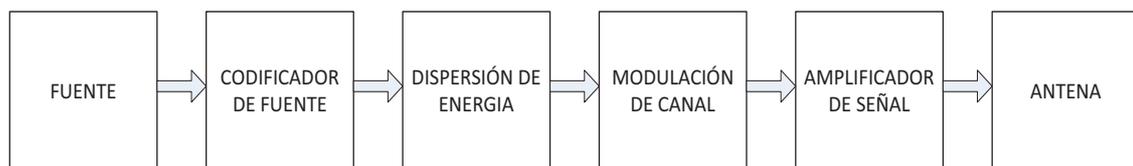
### 2 PRINCIPALES COMPONENTES PARA TRANSMISIÓN DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL

Se describe técnicamente los principales componentes necesarios para llevar a cabo una transmisión de radiodifusión digital exitosa para la banda AM en Quito, utilizando el estándar DRM, ya que al compararlo con los otros estándares para radiodifusión digital, se considera que es el que cuenta con mejores características para transmisión en la banda AM bajo los 30 MHz.

Para iniciar la descripción se lo hace a partir de un diagrama básico del transmisor, el cual explica cómo ingresan la información de audio y datos, cómo es procesada para poder ser transmitida en los diferentes modos que ofrece el estándar.

Para realizar este proceso el estándar DRM presenta un flujo que se compone de 6 etapas de transmisión como describe la figura 2.1

- 1) fuente
- 2) codificador de fuente
- 3) dispersión de energía
- 4) modulador de canal
- 5) amplificador de señal
- 6) antena



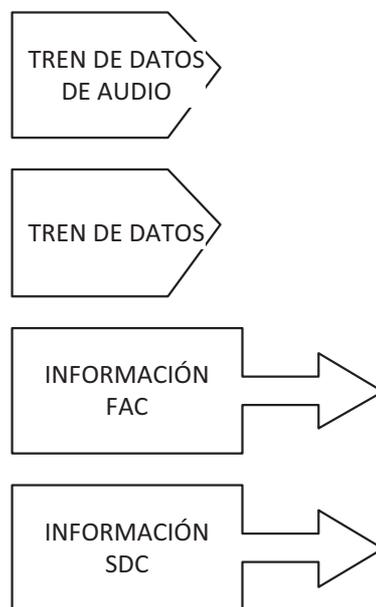
**Figura 2-1** Etapas de transmisión para DRM<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1

## 2.1 FUENTE

Esta es la primera etapa que conforma el transmisor, se describirá el ingreso de algunos tipos de señal como son de audio, datos y de información como se puede apreciar en la figura 2.2.

Las dos primeras señales se combinan en un multiplexor, por otro lado para las señales de información se tiene como entrada dos canales de información que son: el canal de acceso rápido (FAC) y canal de descripción de servicio (SDC), los cuales no ingresan al multiplexor.



**Figura 2-2** Tipos de datos que ingresan al transmisor DRM<sup>15</sup>

### 2.1.1 TREN DE DATOS DE AUDIO

Para este tipo de datos considerando la velocidad de transmisión, se requiere aplicar algoritmos de codificación y de compresión de audio para que la robustez sea fuerte frente a errores, también para obtener la mejor calidad que sea posible dependiendo del nivel de protección que se seleccione para la transmisión.

<sup>15</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1

DRM específica dentro de los requerimientos que la velocidad de transmisión debe variar en un rango de 8 Kbps a una frecuencia de 4,5 KHz, hasta 72 Kbps a una frecuencia de 20 KHz; para el caso de emisión de voz se podría utilizar una velocidad de transmisión menor.<sup>16</sup>

El tren de datos ingresa a un codificador para que comience la preparación de la señal para ser transmitida.

### 2.1.2 TREN DE DATOS

Consiste en un flujo de información que puede presentarse en varios formatos ya sea de manera sincrónica o asincrónica, o mediante archivos, por lo que el estándar DRM utiliza un empaquetamiento para permitir la posibilidad de compartir entre varios servicios el transporte de los datos, entonces puede ser por medio de flujos asincrónicos, por medio de archivos o de manera sincrónica con la velocidad de transmisión necesaria para esta modo.<sup>16</sup>

Estos datos ingresan a la segunda etapa del transmisor, para preparar esta información de datos dependiendo del nivel de protección seleccionado (alto o bajo).

### 2.1.3 INFORMACIÓN FAC

Es la información que se transporta por medio del Canal de Acceso Rápido (FAC), la cual contiene datos de importancia sobre los servicios contenidos en el multiplexor; ya que el FAC no pasa por el multiplexor, es una ayuda para que el receptor pueda usar esta información para buscar rápidamente los servicios por el dial de frecuencias, y también es usado para que los datos del multiplexor pueda ser decodificados con mayor seguridad.

La información que viaja por este canal debe tener una estructura definida, el orden de los campos que contiene la trama de esta información se pueden apreciar en la figura 2.3

---

<sup>16</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.



**Figura 2-3** Estructura de la Trama que se transporta en el FAC<sup>17</sup>

#### 2.1.4 INFORMACIÓN SDC

Otra de la información que ingresa al transmisor en esta primera etapa, es la información que pasa por el canal de descripción del servicio, esta información es muy útil como se menciona en el punto 1.1.1.2.3, especialmente esta información es indispensable en la etapa de decodificación del MSC (Main Service Channel), así como información en cuanto a las características de los servicios y datos de cómo encontrar fuentes alternativas de los servicios mencionados.

El tamaño de este canal depende del ancho de banda que se ocupe en los otros parámetros.

La figura 2.4 muestra la estructura de la trama SDC.



**Figura 2-4** Trama de la información SDC<sup>17</sup>

Esta trama se encuentra conformada por 13 entidades, las cuales se detallan en la tabla 2.1, y que sirven para la generación de la señal.

<sup>17</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

**Tabla 2-1** Descripción de las entidades dentro de la trama de SDC<sup>18</sup>

<b>Nº ENTITY</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ESTATUS</b>
0	DESC. MULTIPLEX MSC	OBLIGATORIO
1	IDENTIFICACION BREVE DE SERVICIO	OPCIONAL
2	ACCESO CONDICIONAL	OBLIGATORIO *
3	FREQ. ALTERNATIVAS (DRM, AM, FM, DAB)	OPCIONAL
4	INFORMA DE LA PLANIFICACION FREQ.	OPCIONAL
5	DATOS ASOCIADOS O NO AL AUDIO	OBLIGATORIO
6	TIPOS DE ANUNCIO EN MULTIPLEX	OPCIONAL
7	DEFINICION DE LA REGION	OPCIONAL
8	HORA Y FECHA (UTC)	OPCIONAL
9	PARAMETROS PARA DECODER AUDIO	OBLIGATORIO
10	DESC. FAC CUANDO RECONFIG.	OBLIGATORIO *
11	DATOS ENLACE PARA FUENTES ALTERN.	OPCIONAL
12	IDIOMA Y PAIS	OPCIONAL

## 2.2 CODIFICADOR DE FUENTE

Es necesario codificar la señal ya que al ser esta digitalizada se tiene el limitante del ancho de banda para ser transmitida, la función principal de los codificadores tanto de audio como de datos es el adecuar la señal para que pueda ser transmitida digitalmente.

Especialmente para radio digital es importante que los codificadores trabajen correctamente y disminuyan la probabilidad de error, ya que este tipo de transmisión de radio es de manera inalámbrica y no está libre de error.

### 2.2.1 CODIFICADOR Y PRECODIFICADORES

Para realizar la codificación de las diferentes entradas que se disponen, se debe pasar a la segunda etapa del transmisor que consta del codificador de fuente, para los datos y el audios, y los precodificadores, para la información FAC y SDC; estos sirven básicamente para tomar los datos que ingresan y los adaptan a un formato de datos digitales apropiados para ser transmitidos.

<sup>18</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

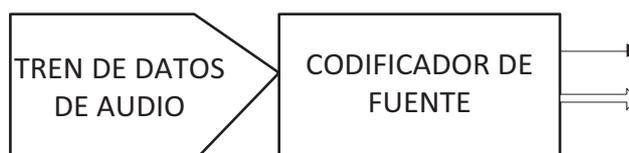
Para cubrir las necesidades técnicas como regulatorias para este estándar, la tasa de bits para la codificación de fuente se detalla en la tabla 2.2:

**Tabla 2-2** Velocidad de transmisión de acuerdo al canal<sup>19</sup>.

VELOCIDAD	TIPO CANAL
8 Kbps	Medio canal
20 Kbps	Canal normal
72 Kbps	Canal doble

La eficiencia del codificador de fuente debe ser alta ya que debe identificar cada tipo de señal en la mezcla de voz, música y sonidos de fondo que se necesita enviar, para lo cual en esta etapa de codificación es necesario un codificador de forma de onda, ya que estos tipos de codificadores puede trabajar en un medio inalámbrico propenso a errores; usando algoritmos de voz y audio del estándar MPEG 4, logrando tener una excelente calidad y buena tasa de bits.

#### 2.2.1.1 Codificación de la Fuente de Audio



**Figura 2-5** Diagrama de Secuencia de la señal de entrada de datos.<sup>19</sup>

Para realizar la codificación del tren de audio, el estándar DRM presenta algunas opciones que puede elegir el radiodifusor que son: Estereofónica AAC, Monofónica AAC, CELP de banda estrecha, y CELP de banda ancha.

Los codificadores que se emplearán son los que se presentan en la siguiente tabla:

<sup>19</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

**Tabla 2-3** Tipos de Codificadores de Audio<sup>20</sup>

CODIFICADOR	TRABAJA SOBRE
AAC	Audio Mono y Estéreo General
CELP	Voz Mono Muy robusto
HVX	Voz Mono Muy robusto Baja velocidad de transmisión
SBR	Mejora los codificadores AAC y CELP

#### 2.2.1.1.1 Codificador AAC

La codificación por medio AAC (*Advance Audio Coding*) utiliza MPEG 4 a velocidad de transmisión baja entre 8 Kbps y 72 Kbps, en base a estudios realizados por DRM, se considera aceptable la señal de audio con una codificación a 20 Kbps.

Para solucionar las bajas velocidades a la salida del codificador se inserta una replicación de banda espectral SBR (Repetición de Banda Espectral) que mejora la anchura de banda.

<sup>20</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

La SBR mejora la calidad de audio percibida mediante una técnica de frecuencia de banda base más alta que utiliza información de las frecuencias más bajas como señales de aviso.

El estándar establece que el audio debe ser comprimido en tramas de una duración de 40ms y define que la frecuencia de muestreo es de 12 KHz o de 24 KHz.

La supertrama de audio en este caso está formada por 5 tramas de 12 KHz de frecuencia de muestreo o a su vez de 10 tramas con frecuencias de muestreo de 24 KHz<sup>21</sup>, para así completar los 400 ms y no necesitar de sincronización.

En la figura 2.6 se puede observar la estructura de la supertrama, que está conformada por el encabezado, el cual es la parte que se transporta con mayor protección ya que contiene información para recuperar las tramas, también está conformada por la parte útil con dos zonas de protección, una alta y otra baja y por último está conformada por el CRC.

ENCABEZADO	CARGA ÚTIL	CARGA ÚTIL	CRC
Alta protección	Alta protección	Baja protección	

**Figura 2-6** Estructura de la Supertrama AAC<sup>22</sup>

#### 2.2.1.1.2 Codificador CELP

Sus siglas en inglés significan Code Excited Linear Prediction, permite tener tres servicios de voz y un servicio de audio.

<sup>21</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

<sup>22</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

Con este codificador se obtiene una calidad de voz razonable a velocidad baja de 8 Kbps, usado principalmente cuando se requiere gran robustez frente a errores de canal.<sup>23</sup>

Las frecuencias de muestreo usadas en este codificador pueden ser de 8 o 16 KHz, por lo que se tiene dos versiones una de banda ancha y otra de banda estrecha, logrando tasas de transmisión de 4 Kbps y 24 Kbps.

La supertrama es de longitud fija, con una duración de 400 ms y como se observa en la figura 2.7 la protección de la supertrama se distribuye similar al codificador AAC, al inicio de la supertrama se tiene la mayor protección y después esta disminuye.

TRAMAS CELP	ENCABEZADO SBR	TRAMAS CELP	RELLENO
Alta protección	Menor protección	Menor protección	

**Figura 2-7** Estructura de la Supertrama CELP<sup>23</sup>

Este tipo de codificación es aplicada cuando se requiere la transmisión de voz muy robusta dependiendo del ancho de banda que se disponga para este servicio, estas características son aptas para ofrecer servicios como de noticias o de mensajes de emergencias para la comunidad.

#### 2.2.1.1.3 Codificador HVX

Sus siglas en inglés significan Harmonic Vector Excitation Coding, incluye varios servicios de voz y un servicio de audio.

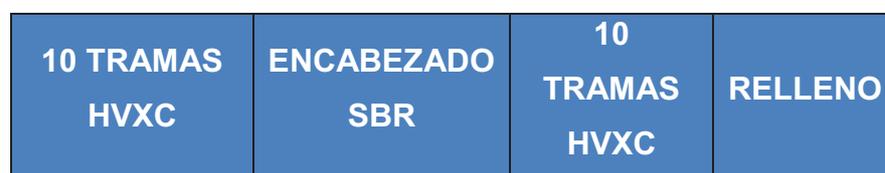
Este tipo de codificador emplea una calidad de voz moderada a muy bajas velocidades de transmisión de 2 Kbps, se emplea en aplicaciones que requiere el

<sup>23</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

mayor grado de robustez posible frente a errores del canal, con esto se puede soportar aplicaciones multilingües y puede procesar múltiples programas desde un disco duro.<sup>24</sup>

Al igual que el codificador CELP este tipo de codificador define características de robustez para poder dar servicio de noticias o de mensajes de emergencia.

La frecuencia de muestreo con la que trabaja este tipo de codificación es de 8 KHz, además la supertrama está compuesta por 20 tramas, con un tiempo de duración de 20ms, los campos de la supertrama se aprecia en la figura 2.8

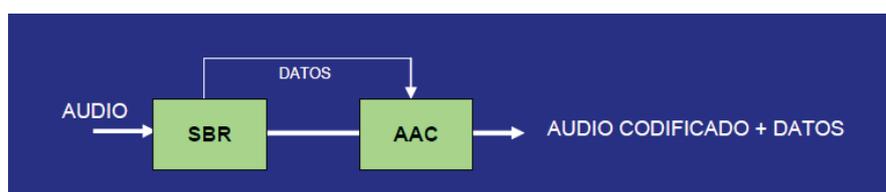


**Figura 2-8** Estructura de la supertrama HVXC<sup>24</sup>

#### 2.2.1.1.4 Codificador SBR

Esta codificación es un parámetro principal que distingue al estándar DRM ya que logra una buena calidad en la transmisión al complementar la codificación AAC y CELP, las cuales limitan la banda de audio a 6 KHz para codificación en baja velocidad, con esta técnica se mejora notablemente la percepción de audio.<sup>24</sup>

En la figura 2.10 se describe cómo se reconstruye en el receptor las bandas de alta frecuencia, logrando así una alta calidad de audio.



**Figura 2-9** Diagrama de codificación de datos de audio<sup>24</sup>

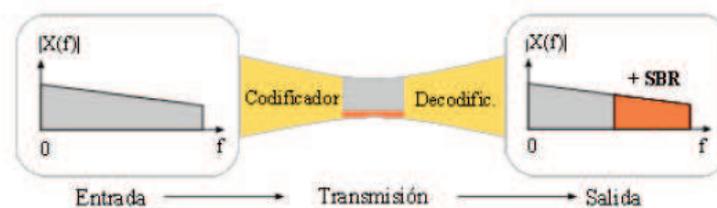
<sup>24</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

Gracias a este método se puede rehacer efectivamente en el receptor la banda de alta frecuencia al usar las frecuencias más bajas de aviso, aprovechando la relación directa que existe entre los componentes espectrales de baja frecuencia y alta frecuencia.

Al utilizar al máximo los algoritmos de codificación y complementando con SBR se tendrá como resultado una calidad mucho más alta.<sup>25</sup>

Es necesario que la tasa de transmisión sea de 128 Kbps ya que por debajo de este valor se presenta distorsión ya que los codificadores tienden a disminuir el ancho de banda y llegar a niveles de calidad muy bajos de percepción de la señal, para que no suceda esto se define límites de ancho de banda cuando la velocidad de transmisión es baja.

El objetivo básico de esta banda SBR es recuperar las señales de alta frecuencia que no pudieron ser codificadas por no estar dentro del ancho de banda para la transmisión, para lograr esta reconstrucción de frecuencias se necesita una referencia dentro del ancho de banda, como se puede observar en la figura 2.10



**Figura 2-10** Recuperación de altas frecuencias.<sup>26</sup>

### 2.2.1.2 Precodificación del Tren de Datos

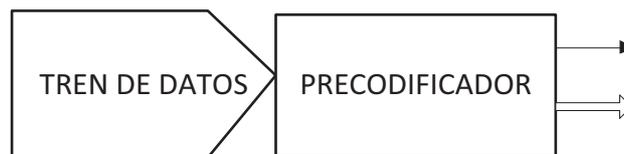
Como se explicó anteriormente, los precodificadores forman parte de la segunda etapa del transmisor; el flujo de información que ingresa como fuente debe pasar por un precodificador, el cual tiene la función de preparar la información según el

<sup>25</sup> <http://es.patents.com/us-6680972.html>

<sup>26</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

nivel de protección, que puede ser alto o bajo, con esto se obtiene robustez contra errores entre otros beneficios.<sup>27</sup>

En la figura 2.11 se puede observar el proceso de preparación de la señal que ingresa al transmisor y que sale del precodificador con diferente nivel de protección, representando a cada nivel con diferente tipo de flecha.



**Figura 2-11** Precodificador<sup>28</sup>

#### 2.2.1.3 Precodificación del FAC

Es necesario que en la etapa de codificación se tenga precodificación del FAC, ya que por este canal se envía información muy importante, por lo que esta debe llegar primero para poder ser decodificada antes de los demás datos enviados en la trama; con el FAC el receptor puede obtener información en cuanto al ancho de banda utilizado por la señal, frecuencias que ocupa en el espectro, en qué modo está trabajando la señal, etc.

#### 2.2.1.4 Precodificación del SDC

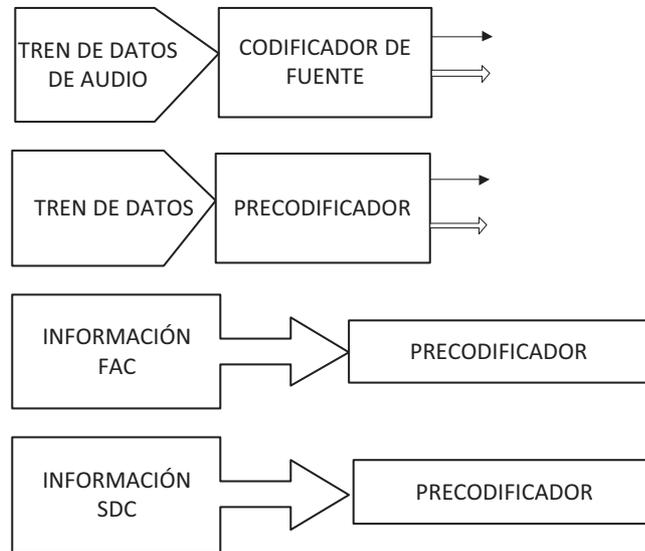
Las salidas después del codificador de fuente así como del precodificador, una con protección normal y la otra con protección alta, como se puede observar en la figura 2.12, que se representa la diferente protección que se tiene a la salida con las diferentes formas de las flechas, después de este proceso es necesario que estas ingresen al multiplexor.

De la misma forma que se requiere una precodificación a la salida del FAC como se describe en el punto anterior, a la salida del SDC ya que al tener en ella la

<sup>27</sup> <http://es.patents.com/us-6680972.html>

<sup>28</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1

descripción de los servicios es de gran utilidad al decodificar estos servicios, por lo que esta información debe llegar primero para la decodificación.



**Figura 2-12** Esquema de los precodificadores<sup>29</sup>

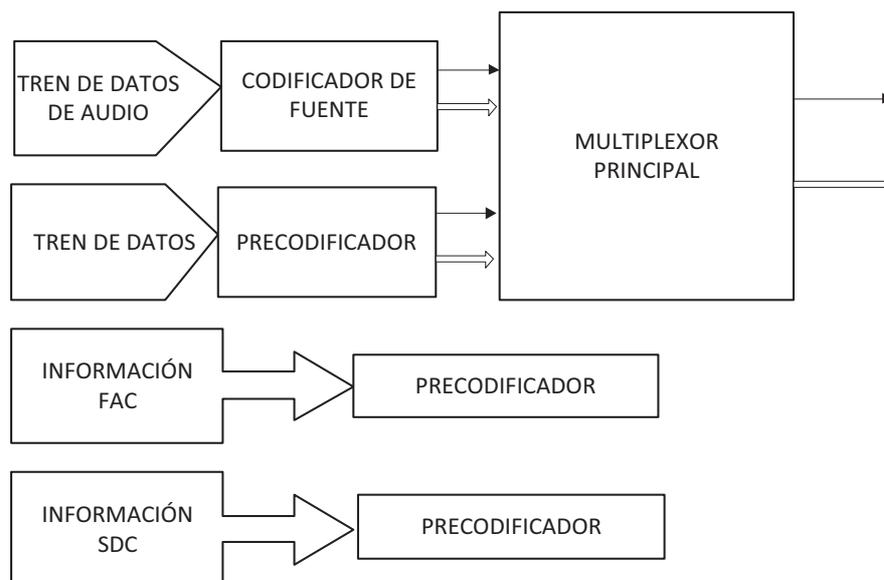
### 2.2.2 MULTIPLEXOR

En esta segunda etapa del transmisor también tenemos el multiplexor, cuya función principal es de poder tener un número determinado de entradas y un número diferente de salidas, en este caso se tendrían cuatro entradas que vienen del codificador y precodificador de los datos y audio respectivamente, dos con protección alta y dos con protección baja, estas son combinadas y procesadas para poder tener dos salidas, una con protección normal y la otra con protección alta. Ver figura 2.13.

Estas salidas conforman el canal de servicio principal MSC (*Main Service Channel*), este canal lleva información de los servicios ingresados al multiplexor, los servicios puede ser desde uno hasta cuatro.

Es decir los servicios ingresados ya sean datos o audio son multiplexados obteniendo el canal de servicio principal y este necesitará dispersión de energía.

<sup>29</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1



**Figura 2-13** Esquema de entradas al multiplexor<sup>30</sup>

Como ya mencionamos el MSC está conformado por servicios de datos o audio, los servicios están formados por stream y/o sub-stream.

En el caso del servicio de audio puede estar formado por un stream de audio y como opción un sub-stream o stream completo de datos.

Por otro lado un servicio de datos está formado por un stream completo de datos o sub-stream de datos, siendo el stream la información comprimida de la misma naturaleza del servicio.

Como es el caso del primer ejemplo que tenemos en la figura 2.14 donde el stream de datos puede tener hasta cuatro sub-stream de datos, ya que son de la misma naturaleza o también como el ejemplo 2, en la figura 2.15 donde se observa un servicio que puede tener stream de naturaleza combinada, como los stream de audio que puede llevar sub-stream de audio combinando con sub-stream de texto, siendo esto solo una opción.<sup>31</sup>

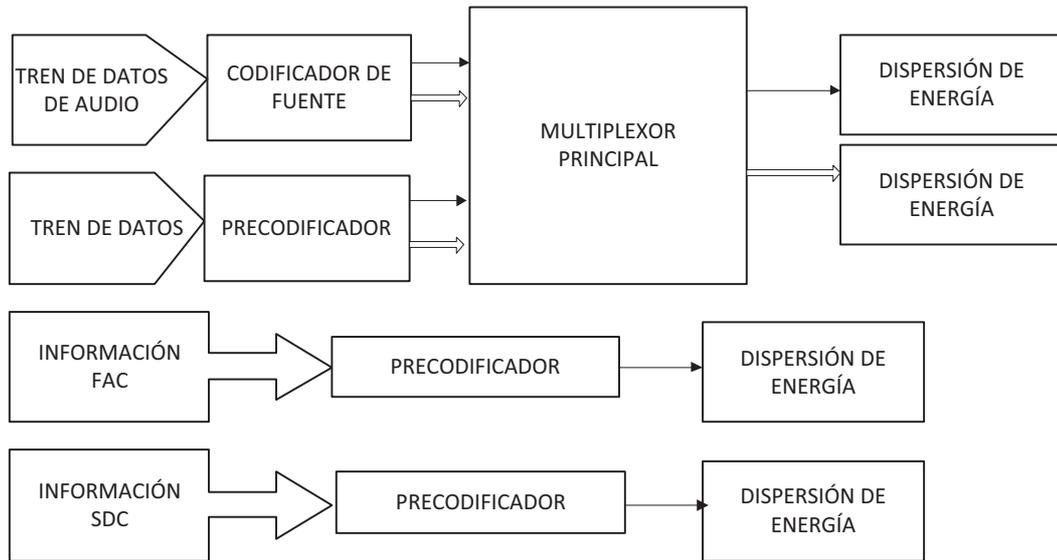
Ejemplo 1:

<sup>30</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1

<sup>31</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.



precodificadores de FAC y SDC para que después esta información entre a su respectivo codificador de canal, como se observa en la figura 2.17, así como las salidas de la dispersión de energía de los dos niveles de protección que entrega en multiplexor son combinadas en un solo codificador de canal.



**Figura 2-17** Esquema de ingreso de la señal a dispersión de energía<sup>33</sup>

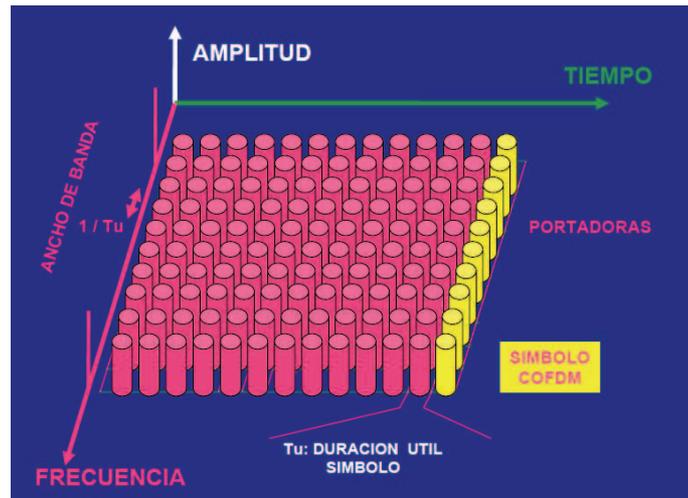
## 2.4 MODULADOR DE CANAL

En esta etapa del flujo para la transmisión de radio digital tenemos la modulación COFDM, la cual mejora notablemente la robustez para resolver problemas de interferencias ocasionadas por la propagación de multitrayectoria, que causa atenuación o amplificación en ciertas frecuencias.

La solución optada por DRM consiste en distribuir la información de manera paralela sobre un conjunto de portadoras, para poder ser transmitida con éxito<sup>34</sup>, como se aprecia en la figura 2.18

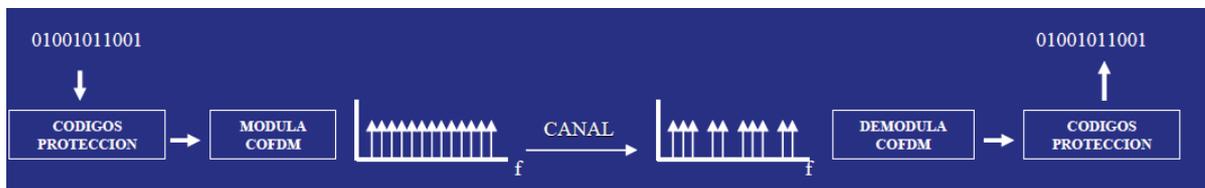
<sup>33</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1

<sup>34</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.



**Figura 2-18** Distribución de datos y portadoras.<sup>34</sup>

Antes de distribuir la información esta debe ser codificada con códigos de protección para evitar la pérdida de datos en el caso que no llegue al destino alguna portadora<sup>34</sup>, como se puede ver la secuencia de este proceso en la figura 2.19

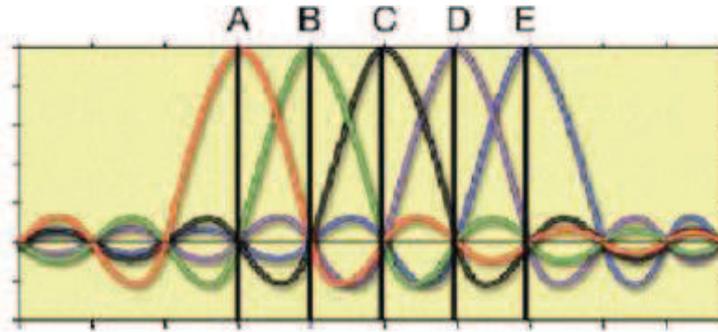


**Figura 2-19** Diagrama de codificación de protección.<sup>34</sup>

Para evitar la superposición entre portadoras estas deben cumplir con la condición de ser ortogonales para que sus espectros no se interfieran entre sí, de tal manera que el máximo del espectro de una portadora debe coincidir con los mínimos de los espectros de sus portadoras adyacentes, como indica la figura 2.20; esto se logra espaciándolas un valor del inverso del tiempo durante el que transmite la portadora.<sup>35</sup>

$$\text{Separación entre portadoras} = 1/T_u \text{ (Hz)}$$

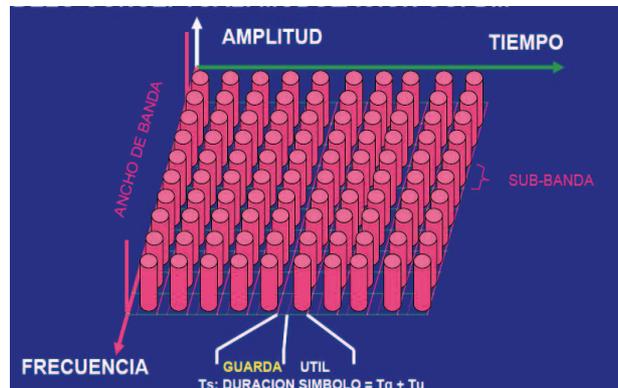
<sup>35</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.



**Figura 2-20** Representación de portadoras ortogonales.<sup>35</sup>

Otro problema presente que se debe contrarrestar es la interferencia entre símbolos, que afecta principalmente al receptor al recibir ecos del anterior símbolo ya recibido sobre el último transmitido.

Para solucionar este problema se introduce un tiempo de retardo a los nuevos símbolos que envía el transmisor, este tiempo es llamado tiempo de guarda<sup>35</sup>, que se puede visualizar en la figura 2.21



**Figura 2-21** Tiempos de guarda.<sup>35</sup>

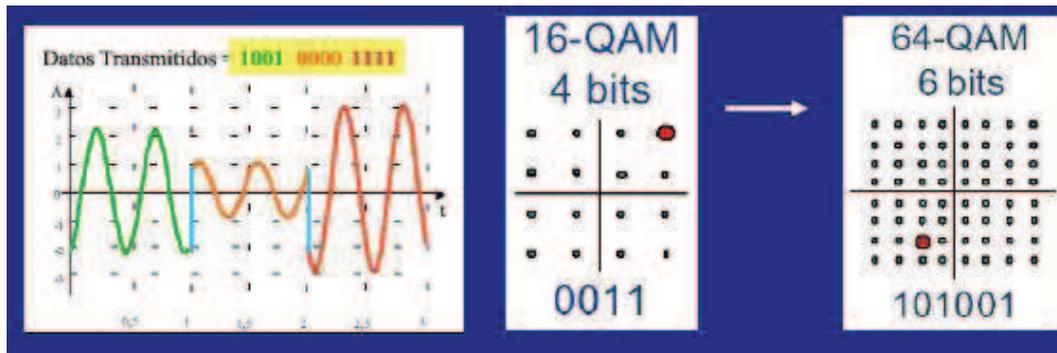
#### 2.4.1 CODIFICADOR DE CANAL

Esta encargado de la corrección de errores para lo cual inserta información redundante.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

Para esto emplea esquemas de codificación multinivel así se logra optimizar la codificación y la modulación.

La codificación de las portadoras de COFDM se lo realiza digitalmente, al combinar diferentes amplitudes y fases, con esto cada símbolo puede transmitir mayor números de bits, como se presenta en la Figura 2-22



**Figura 2-22** Codificación de portadoras<sup>37</sup>

En esta etapa el radiodifusor, dependiendo de la aplicación puede elegir en qué categoría desea transmitir la información, ya que el sistema puede transmitir en dos categorías una más segura que la otra.

Tiene básicamente dos niveles de protección:

- UEP (UNEQUAL ERROR PROTECTION): MSC
- EEP (EQUAL ERROR PROTECTION): FAC y SDC<sup>37</sup>

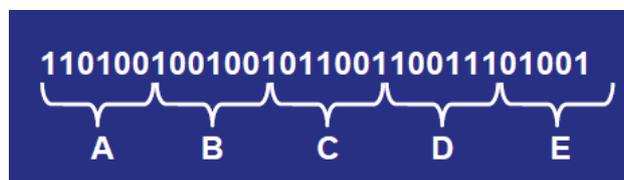
En este sentido se tiene cuatro modos de transmisión, los cuales dependen de la modulación. Para el estándar DRM la modulación se realiza con modulación en cuadratura de amplitud, con la cual se puede tener las siguientes opciones:

- 64 QAM
  - Tiene 64 símbolos diferentes
  - Lleva 6 bits de información por símbolo
  - Cada símbolo se define con un valor de amplitud de los 4 posibles.

<sup>37</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

- Cada símbolo se define con un valor de fase de los 16 posibles.
- El flujo de bits se agrupa en bloques de 6 bits para formar un símbolo.
- 16 QAM
  - Tiene 16 símbolos diferentes
  - Lleva 4 bits de información por símbolo
  - Cada símbolo se define con un valor de amplitud de los dos posibles
  - Cada símbolo se define con valor de fase de los 8 posibles.
  - El flujo de bits se agrupa en bloques de 4 bits para formar un símbolo.
- 4 QAM
  - Tiene 4 símbolos diferentes
  - Lleva 2 bits de información por símbolo.
  - El flujo de bits se agrupa en bloques de 2 bits para formar un símbolo.<sup>38</sup>

Cada portadora transporta un símbolo o célula QAM dependiendo del modo que será transmitida. Dependiendo de la modulación se tiene grupos de un determinado número de bits, como se puede ver en la Figura 2-23 corresponde a modulación de 64 QAM donde se agrupa en bloques de 6 bits, en el caso de modulación de 16 QAM el bloque es de 4 bits y para 4 PSK el bloque será de dos bits, esta agrupación se la hace con el fin de formar un símbolo para que pueda ser transportado por una portadora.



**Figura 2-23** Formación célula o símbolo QAM<sup>38</sup>

Cada portadora transporta solo una célula o símbolo QAM ya sea en este caso A, B, C, etc.

<sup>38</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

Para los modos en los que se puede transmitir también depende de la codificación, entonces específicamente para la codificación de los canales se lo realiza de la siguiente manera:

-MSC: con modulación 64 QAM o 16 QAM; con velocidades de transmisión diferentes.

-SDC: con modulación 16 QAM o 4 QAM; con velocidad de transmisión fija.

-FAC: con modulación 4 QAM; con velocidad de transmisión fija. **¡Error! arcador no definido.**

#### 2.4.2 ENTRELAZADOR DE CÉLULAS

Distribuye las células QAM del MSC en las portadoras COFDM, la distribución debe ser de una manera no consecutiva ni en el tiempo ni en frecuencia, como se observa en la figura 2.24; para así aumentar la robustez del sistema de transmisión de audio en los canales dispersivos de la misma forma, es decir en tiempo y frecuencia. **¡Error! Marcador no definido.**

#### **Figura 2-24** Procedimiento de entrelazado<sup>39</sup>

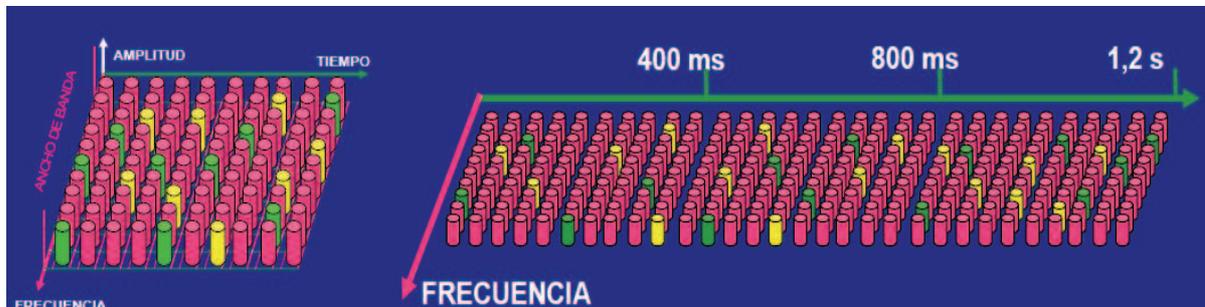
Con esta distribución se protege la información de errores en ráfaga que se pueden producir en tiempo y en frecuencia, se puede tener dos maneras de distribución o de entrelazado, como se ve en la figura 2.25.

---

<sup>39</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

-CORTO.- se entrelaza en la misma trama de 400 ms

-LARGO.- se distribuye en tres tramas consecutivas<sup>39</sup>



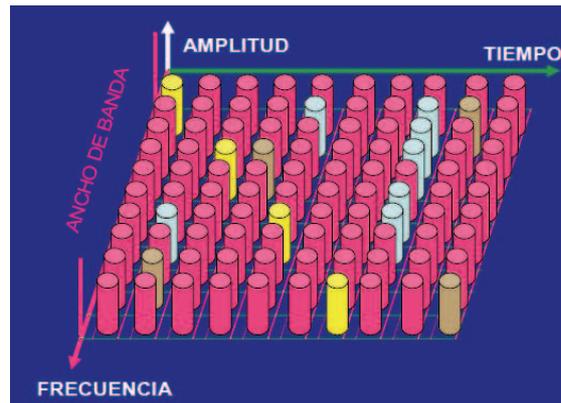
**Figura 2-25** Modos de entrelazado<sup>39</sup>

### 2.4.3 GENERADOR PILOTO

En esta última etapa del transmisor se tiene un generador piloto ya que es esencial para la recuperación de la información en el receptor, este lleva la información suficiente para que se pueda realizar igualación con el canal y así lograr con éxito la demodulación de la señal.

Esta información corresponde a determinadas portadoras codificadas con células QAM insertadas para lograr la sincronización y recepción necesarias, proceso representado en la figura 2.26

Estas portadoras pueden ser de tres tipos: de referencia en frecuencia, de referencia en el tiempo y de ganancia.

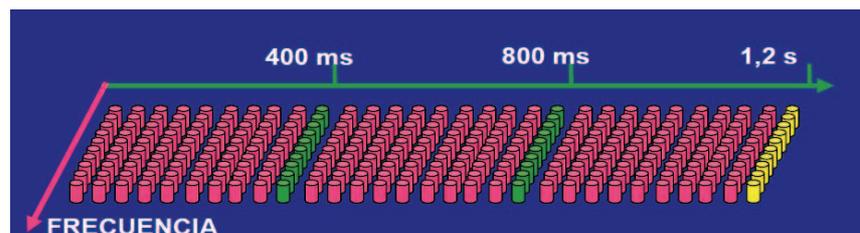


**Figura 2-26** Inserción de portadoras. <sup>40</sup>

#### 2.4.4 CORRESPONDEDOR DE CÉLULAS OFDM

En la etapa de modulación se requiere el proceso de recolectar en las portadoras los diferentes tipos de células de los diferentes canales como MSC, SDC y FAC, y colocarlas en una rejilla de tiempo y frecuencia; tiene que colocar una célula QAM por portadora ya que cada portadora llevará información diferente, unas portadoras llevaran información del MSC otras del SDC, otras del FAC y otras los pilotos, este proceso lo realiza el correspondedor de células. <sup>40</sup>

Una trama está conformada por células en 400 ms, el conjunto de tres tramas conforma lo que se denomina una supertrama, como se observa en la figura 2.27.



**Figura 2-27** Duración de la supertrama. <sup>41</sup>

El número de símbolos por trama y el número de portadoras por símbolo está determinado por cada modo utilizado, se tiene cuatro modos denominados por las letras; A, B, C y D. <sup>41</sup>

<sup>40</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

<sup>41</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

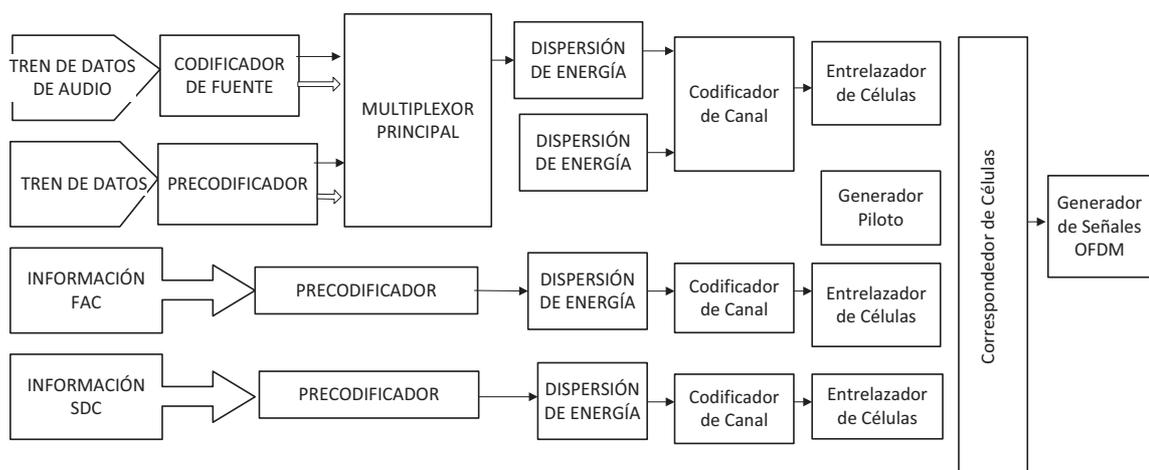
### 2.4.5 GENERADOR DE SEÑALES OFDM

Para seguir con la cuarta etapa es necesario que la información después del correspondedor de células pase por el generador de señales, ver figura 2.28, ya que es el encargado de transformar un conjunto de células con el mismo índice de tiempo en una representación de la señal en el dominio temporal con una pluralidad de portadoras, e inserta un intervalo de guarda como repetición de parte de la señal.

El símbolo completo OFDM se tiene a partir de estas representaciones en el dominio temporal, colocando intervalos de guarda y repetición cíclica de una parte de la señal.

Para la transmisión, este estándar envía una secuencia de símbolos, cada símbolo comprende el conjunto de porciones de la señal llamadas celdas, estas celdas se encuentran espaciadas en frecuencia y tienen una amplitud, fase y portadora determinadas.

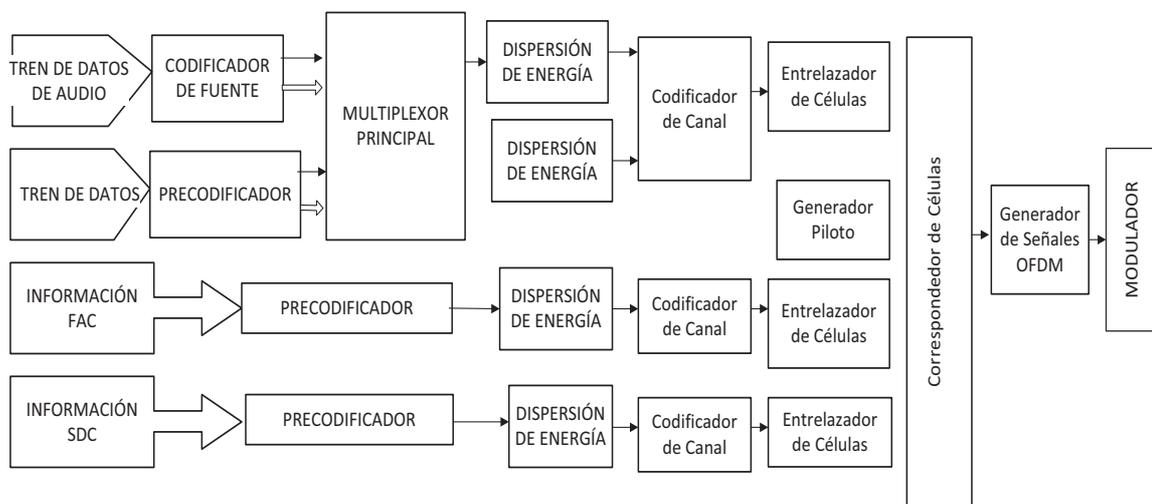
En un símbolo se encuentra aproximadamente 200 subportadoras distribuidas en todo el ancho del canal, está compuesto de espacios de guarda que es una repetición cíclica de una celda y seguidamente de la información útil.



**Figura 2-28** Diagrama de Ingreso al generador de señales<sup>42</sup>

#### 2.4.6 MODULADOR

Para la finalización de la cuarta etapa correspondiente al transmisor, ver figura 2.29, se tiene el modulador, el cual tiene que realizar tres procesos: el de elevar la frecuencia de la señal, hacer la conversión de señal digital a señal analógica y hacer un filtrado para que cumpla con los requerimientos del estándar y pueda ser transmitida por medio de una antena.



**Figura 2-29** Diagrama de Ingreso al modulador<sup>42</sup>

Cada canal lógico tiene una modulación diferente, de la siguiente manera

- FAC, se modula con 4 QAM
- SDC, se modula con 4 QAM o 16 QAM
- MSC, se modula con 16 QAM o 64 QAM

El modulador puede entregar la señal de dos formas dependiendo del amplificador a usarse.

- 1.- Si se trata de un amplificador no lineal, la señal debe ser entregada por parte del modulador.

<sup>42</sup> Recomendación UIT-R BS.1514-1

2.- Si el amplificador es lineal se requiere que la señal se encuentre en formato compuesto.

## 2.5 **AMPLIFICADOR DE SEÑAL**

El estándar DRM tiene como uno de sus objetivos principales el adaptar los transmisores ya existentes para que puedan transmitir digitalmente la señal, ya que la mayor parte del transmisor es similar a un transmisor para señales analógicas, básicamente los cambios se efectúan en:

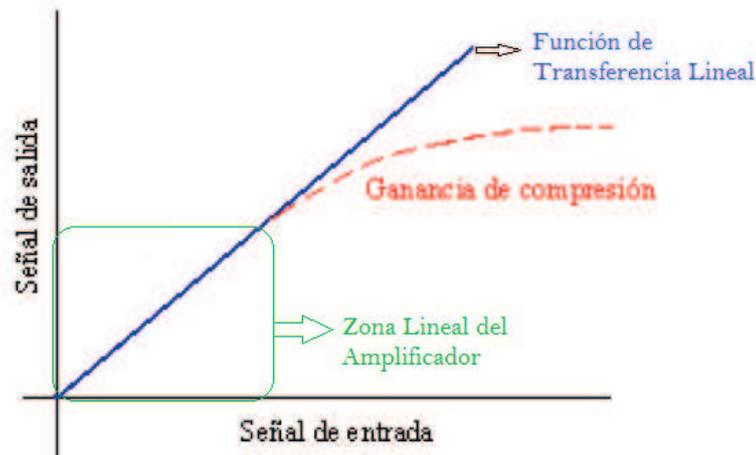
- El contenido
- La modulación
- El transmisor sea lineal
- El transmisor pueda entregar 10dB

Para amplificar la señal se pueden utilizar los mismos amplificadores empleados para transmisión analógica sean lineales o no lineales.

### 2.5.1 **AMPLIFICADOR LINEAL**

Generalmente los amplificadores de baja potencia son amplificadores lineales, por lo tanto se podría utilizar directamente la señal OFDM para ser transmitida directamente sin ningún tipo de cambio.

En este caso la salida de la señal de la etapa del modulador debe estar trabajando en la zona lineal para que esta no se distorsione al momento de ingresar al amplificador de potencia para aumentar el nivel de señal.



**Figura 2-30** Característica de Transferencia de un Amplificador Lineal<sup>43</sup>

El amplificador tiene una función de transferencia lineal para que la señal a la salida del amplificador sea igual a la señal de salida del modulador (OFDM) con un nivel de potencia mayor, como podemos observar en la figura 2-32.<sup>43</sup>

Como se tiene variaciones en la señal DRM por causa de las portadoras, el amplificador debe cumplir con la condición de cresta promedio de 10 dB, con esto la capacidad máxima del sistema se definirá con el valor de la cresta promedio por la potencia promedio que puede generar.

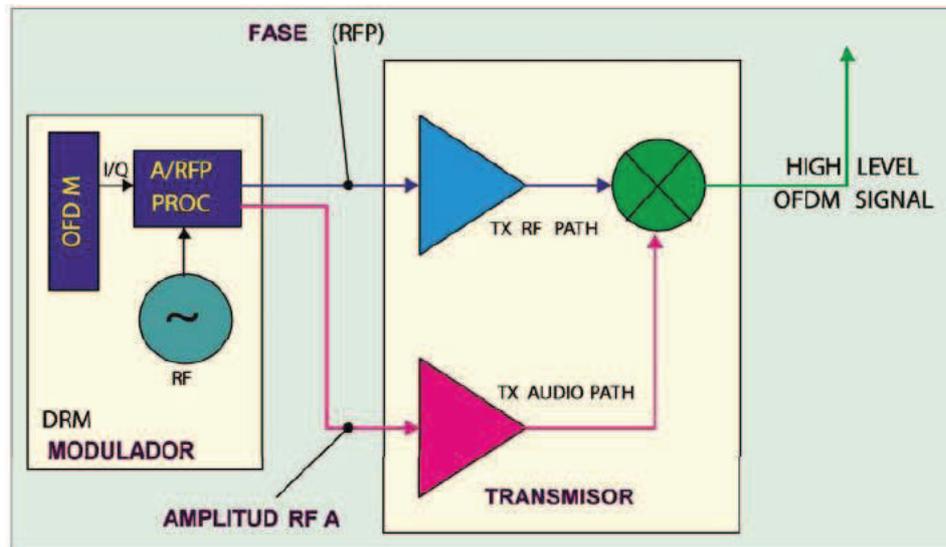
### 2.5.2 AMPLIFICADOR NO LINEAL

Los amplificadores no lineales se pueden encontrar en amplificadores de alta potencia, usan esta técnica para que la eficiencia de transferencia de energía sea óptima, para usar este tipo de amplificadores con señales OFDM.

En este caso la señal OFDM se genera a la salida final del transmisor, es decir generan señales por separado de amplitud y fase, estas dos señales deben estar alineadas temporalmente para lo que aplican un retardo a la señal de amplitud respecto a la de fase, este procedimiento es llamado Técnica RF P- RF A,

<sup>43</sup> PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

obteniendo un comportamiento lineal aunque el amplificador funcione de manera no lineal como podemos observar en la figura 2-33<sup>44</sup>:



**Figura 2-31** Técnica RF P- RF A para amplificador no lineal<sup>44</sup>

## 2.6 ANTENA

Ya que la propagación de la señal digital será igual que la propagación en transmisión analógica, no existe ningún tipo de cambio en las antenas de transmisión.

Entonces se puede utilizar las antenas con las que han venido trabajando las emisoras, entre las más comunes para radio en la banda AM de tipo omnidireccional tenemos:

- Dipolo de media onda
- Monopolo

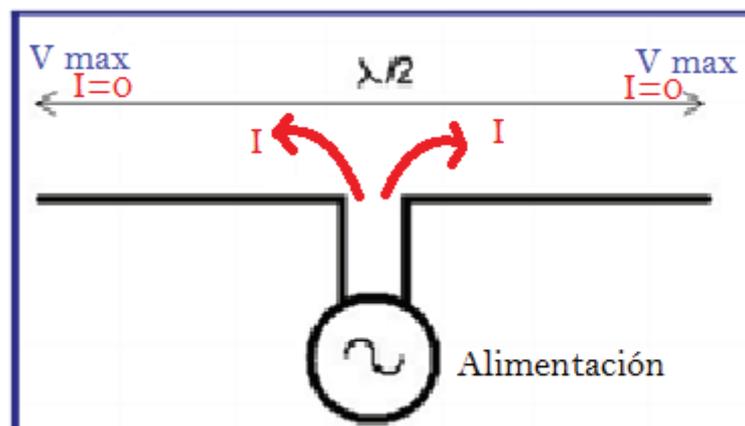
### 2.6.1 DIPOLO DE MEDIA ONDA<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

<sup>45</sup> TRICALCAR | www.wilac.net/tricalcar – Versión final. Octubre 2007

Esta antena es muy fácil de construir en una variedad de frecuencias. Está formada por dos trozos de material conductor, cada uno de un cuarto de longitud de onda. Si se conecta a la línea de alimentación por el centro, la distribución de corriente y de voltaje es simétrica y ofrece una impedancia de 72 ohmios. Es fácil ver que la corriente en los extremos debe ser cero y como la corriente y el voltaje están defasados 90 grados, el voltaje en cambio es máximo en los extremos, como se observa en la Figura 2-32

Este tipo de antena forma la base de muchos otros, y puede utilizarse para polarización horizontal o vertical, dependiendo de cómo se disponga.



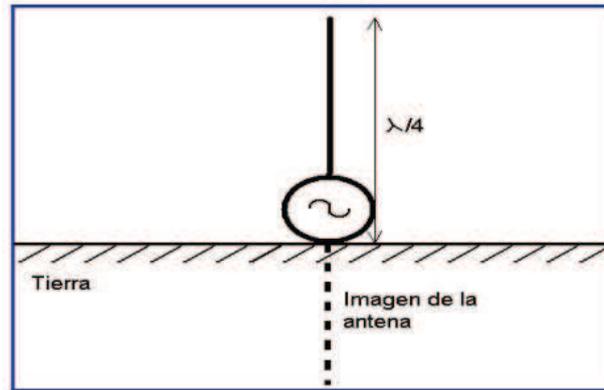
**Figura 2-32** Dipolo de media onda

### 2.6.2 MONOPOLO<sup>45</sup>

Un plano conductor infinito refleja la distribución de cargas eléctricas que están por encima de él, como se observa en la Figura 2-33.

Esto se aprovecha para reducir a la mitad las dimensiones físicas de un dipolo de media onda, aspecto muy importante en radiodifusión AM, donde un cuarto de longitud de onda son un centenar de metros, pero también se emplea frecuencias altas por comodidad.

El plano de tierra en la práctica es suficiente que se extienda por lo menos a un cuarto de longitud de onda, y no tiene que ser continuo, puede ser simplemente varios trozos de alambre denominados “radiales”. Esta antena se llama Marconi en honor a su inventor y tiene impedancia de unos 36 ohmios.



**Figura 2-33** Antena Monopolo

El ancho de banda es función inversa de la relación  $h/a$  (altura/ancho), anteriormente se hacían torres muy anchas, por lo que su costo era muy elevado para solucionar este problema actualmente en las torres se hace el ensanchamiento con 9 o más cables colgantes exteriores para el ancho de banda deseado y ayudan a mejorar además la conductividad de la torre disminuyendo las posibles pérdidas.

El terreno donde debe instalarse la torre con la antena debe permitir un radio de  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda.

## 2.7 UNIDAD DE SINTONÍA DE ANTENA<sup>46</sup>

La unidad de sintonía de antena es una caja que contiene la circuitería para convertir la impedancia de antena en la impedancia de la línea de transmisión que la alimentará.

Las usadas para torres de base aisladas además de la circuitería de adaptación de impedancias, deben tener un choque descargador de estáticas. Suele ser un “choque” de alta impedancia para la RF (Radio Frecuencia).

Para el caso del monopolo plegado, la caja va adosada a la torre y no requiere de descargador ni de transformador especial de balizamiento.

<sup>46</sup> <http://www.adema.com.ar/notas/detalle.php?id=149>

La unidad de sintonía de antena recibe la RF desde el transmisor a través de un cable coaxial.

El coaxial deberá ir enterrado en todo su recorrido. Nunca se debe llevar aéreo porque trabaja como antena receptora y contaminará con RF al edificio del transmisor.

## 2.8 PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN

Los parámetros de OFDM se definen dependiendo del modo de robustez con el que se decide enviar la señal, ya que el modo entre otras cosas indica la duración del símbolo, la separación que existirá entre las portadoras, etc.

Básicamente se tiene cuatro modos de transmisión, los cuales se diferencian por tener como nombre de modo las cuatro primeras letras en mayúsculas del abecedario y cada uno trabaja en una banda determinada.

En el modo A el canal se comporta como un canal gaussiano que presenta poco desvanecimiento.

El canal en el modo B es selectivo en tiempo y frecuencia, se tiene larga dispersión del retardo, este comportamiento también lo presenta el canal que trabaja en el modo C añadido el efecto Doppler.

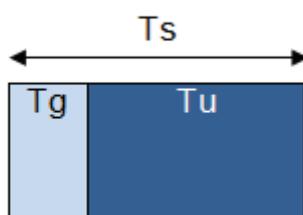
Al usar el modo D, el comportamiento del canal presenta similares características que el canal del modo B y del canal C, con la diferencia de que se tiene retardos considerables.

Los parámetros de este estándar se basa en el tiempo elemental (T), a partir de este tiempo se tiene el tiempo de guarda (Tg), duración de símbolo (Ts) y tiempo de parte útil del sistema (Tu).<sup>47</sup>

Donde  $T_s = T_u + T_g$

---

<sup>47</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.



**Figura 2-34** Tiempo de un símbolo<sup>47</sup>

Se debe considerar que el número de portadoras dependerá del ancho de banda que se tenga disponible para la transmisión.

Con esta información se define los modos de transmisión que se resumen en la tabla 2.4.

**Tabla 2-4** Características de los modos de robustez<sup>Error! Marcador no definido.</sup>

PARÁMETROS	MODO DE ROBUSTEZ			
	A	B	C	D
Banda	OM-OL	OM-OC	OC	OC
Distancia entre portadoras (Hz)	41,6	46,9	68,5	107,5
Número de portadoras	204	182	138	88
T (μs)	83.3	83.3	83.3	83.3
Tu (ms)	24	21.3	14.3	9.3
	(288 x T)	(256 x T)	(176 x T)	(112 x T)
Tg (ms)	2.6	5.3	5.3	7.3
	(32 x T)	(64 x T)	(64 x T)	(88 x T)
Tg / Tu	0.108	0.245	0.363	0.785
Ts=Tu+Tg (ms)	26.6	26.6	20	16.6
Tf (ms)	400	400	400	400

Otro de los parámetros importantes para realizar una transmisión es la banda de frecuencia en la que se trabajará, ya que de esto dependerá el mecanismo de propagación así como de la cobertura que alcanzará y por ende con el modo de robustez, como se detalla en la tabla 2-5.

**Tabla 2-5** Frecuencia de Tecnología DRM<sup>48</sup>

BANDA DE FRECUENCIA	FRECUENCIA	MECANISMOS DE PROPAGACIÓN	ZONA DE COBERTURA	MODO DE ROBUSTEZ
Onda Larga	148,5 – 283,5 kHz	Onda de Superficie	Grande	A
Onda Media	526,5 – 1.606,5 kHz	Onda de Superficie	Media (diurno)	A y B
		Onda Ionosférica	Grande (nocturno)	
		NVIS		
Onda Corta	Varias bandas:	Onda Ionosférica	Grande	B, C y D
	2,3 – 27 MHz	NVIS		
Onda Corta	26 MHz	Onda espacial	Local	A y B
VHF	Varias bandas incluyendo:	Onda espacial	Local	E
	87,5-108 MHz			

<sup>48</sup> Consorcio DRM, Charla dictada en las Jornadas DRM RNE (Digital Radio Mondiale), Introducción\_sistema\_drm.pdf, Enero de 2005.

## CAPÍTULO 3

### 3 ANÁLISIS TÉCNICO-SOCIO-ECONÓMICO

#### 3.1 ANÁLISIS TÉCNICO

El propósito principal de este apartado es comprobar mediante pruebas de recepción de la señal de radio digital, la cobertura real que puede tener una señal transmitida a 1 KW de potencia desde el sector de Chillogallo.

##### 3.1.1 METOLOGÍA DE MEDICIÓN

Considerando el hecho de que el sistema de radio digital es muy sensible al cambio de señal receptada, ya que desde un determinado valor de señal se considera que es buena para ser transmitida o mala donde no se permite ninguna transmisión, caso contrario de lo que actualmente se experimenta con la radio analógica, especialmente en la banda AM (Amplitud Modulada) donde la señal puede ser escuchada sin importar el nivel de calidad; este factor es uno de los más importantes para definir cuál será la cobertura que alcanzaría una determinada radioemisora, puesto que la señal en esta banda se ve grandemente afectada por el ruido radioeléctrico y su desvanecimiento es significativo en zonas urbanas por la presencia de muchos obstáculos.

Basados en estas consideraciones, es importante la realización de pruebas de campo para comprobar realmente la recepción de la señal de radio digital, dichas pruebas se pudo llevar a cabo gracias a la colaboración de la Superintendencia de Telecomunicaciones, la radioemisora HCJB (Hoy Cristo Jesús Bendice) y Radio Unión Nacional de Periodistas.

Los objetivos principales planteados para la toma de mediciones fueron:

- Verificación de la mejora en cuanto a la calidad del sonido.
- Verificación de la cobertura obtenida mediante el software de simulación.
- Verificación del correcto funcionamiento del sistema DRM (Digital Radio Mondiale) en diferentes condiciones.

- Cuantificación de la relación señal a ruido y MER (Modulation Error Ratio).
- Verificación de si se corta la señal.
- Verificación de la estabilidad de la señal.

La señal de radio digital es transmitida constantemente desde la Radio Unión de Periodistas ubicada en el sector de Chillogallo, al sur de la ciudad de Quito, en la frecuencia de 820KHz y con una potencia de 1 KW, cabe resaltar que esta potencia para transmitir la señal de radio digital corresponde a un quinto de la potencia que se utiliza para transmitir la señal de radio analógica, teniendo en cuenta la simulación de cobertura de la señal digital una huella muy parecida a la obtenida con señal analógica con un radio un poco más pequeño. La simulación fue realizada con el software ICS Telecom, que pertenece a la Superintendencia de Telecomunicaciones, como se analizará en el siguiente capítulo.

Para la recepción de la señal se utilizó un equipo receptor bajo el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*) de la marca *Newstar* modelo DR111, cuyas características técnicas se presentan en el ANEXO III, este modelo de receptor fue presentado en el año 2011 en la NAV como un receptor de bajo costo<sup>49</sup>, con la capacidad de poder sintonizar radio analógica tanto para AM (Amplitud Modulada) como para FM (Frecuencia Modulada) y por supuesto radio digital en la banda AM (Amplitud Modulada).

Uno de los primeros inconvenientes presentados fue que este modelo de receptor no es portátil por lo que se tuvo que adaptar un cable para poder cargar energía desde el automóvil, gracias a que el voltaje requerido para este receptor es similar que el necesitado para los teléfonos celulares, como se puede ver en las siguientes especificaciones de la Figura 3-1

---

<sup>49</sup> Newstar DR111 Digital Shortwave Receiver, Ken Reitz KS4ZR

<b>DRM11 SPECIFICATIONS</b>
(As provided by the manufacturer)
<b>FM</b> – 87.5 MHz-108 MHz
<b>DRM Tuning (digital)</b>
LW: 150-288 kHz
MW: 522-1720 kHz
SW: 2.3-27 MHz
<b>AM Tuning (analog)</b>
LW: 150-288 kHz
MW: 522-1720 kHz
SW: 2.3-27 MHz
<b>Clock:</b> Real time; Radio Alarm; Buzzer Alarm and Sleep Timer
<b>Audio Out:</b> 8 ohm Mini plug
<b>Features:</b> Stereo speakers and earbuds; 48 memory presets; 16 character 2 line LCD display, adjustable tuning speeds, SD card for firmware updates and to play prerecorded music, external an- tenna jack, USB slot.
<b>Power:</b> 5 volts DC at 1000 mA
<b>Size:</b> 10.9 (W) x 4.69 (H) x 3.5 (D)
<b>Weight:</b> 29.9 oz.

**Figura 3-1** Especificaciones Técnica del Equipo Receptor<sup>50</sup>

Para seleccionar los puntos donde sería más importante tomar las medidas, se consideró la cobertura que se obtuvo en la simulación con el transmisor ubicado en Chillogallo con una potencia del transmisor de 1KW, y se hizo todo lo posible para llegar al borde de dicha cobertura hasta donde las carreteras nos den un fácil acceso, tanto en las afueras de la ciudad de Quito como también se consideró tomar medidas en puntos dentro de la ciudad, para lo cual la ruta quedó como se presenta en la Figura 3-2, donde indica que se inició las mediciones en el punto A y se terminó en el punto B; en la Tabla 3-1 se detalla los puntos con su ubicación, logrando un total de 24 puntos donde se realizó la toma de medidas durante un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos ya que se necesitaba que la señal se estabilice para obtener un dato real.

<sup>50</sup> Newstar DR111 Digital Shortwave Receiver, Ken Reitz KS4ZR

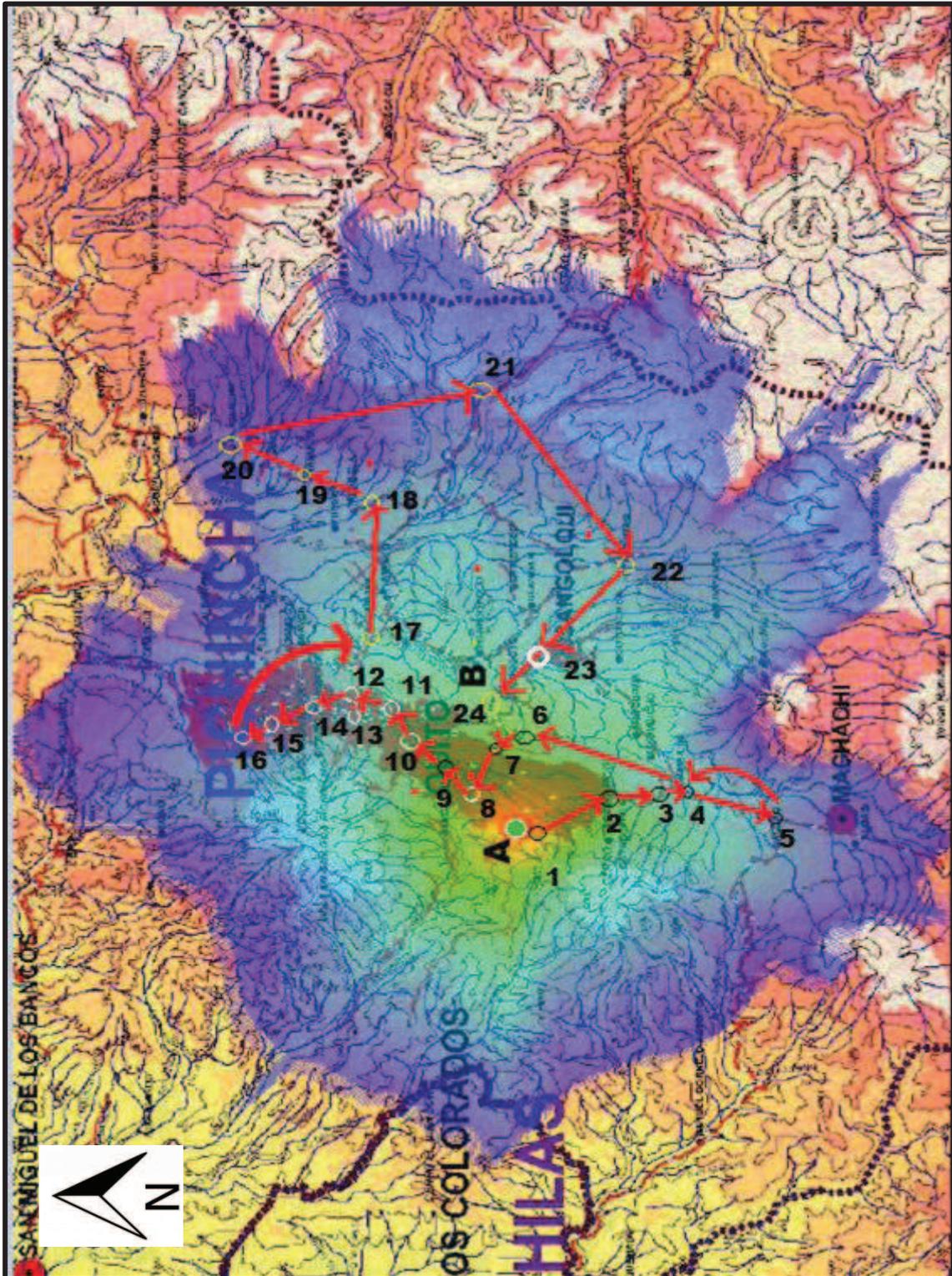


Figura 3-2 Ruta de pruebas de medición de radio digital

**Tabla 3-1** Tabla de Secuencia de puntos y ubicación de mediciones para radio digital

PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA AL TRANSMISOR
PUNTO 1	FUNDEPORTE	7.80089 km
PUNTO 2	GUAMANI	11.6142 km
PUNTO 3	INIAP	15.8517 km
PUNTO 4	TAMBILLO	21.0663 km
PUNTO 5	ALOAG	8.87236 km
PUNTO 6	SIMON BOLIVAR ALTURA PARQUE METROPOLITANO DEL SUR (SAN MARTIN DE PORRAS)	5.81816 km
PUNTO 7	SIMON BOLIVAR A LA ALTURA DEL PUENTE DE GUAJALO	5.39483 km
PUNTO 8	PARQUE LINEAL DE SOLANDA	8.30938 km
PUNTO 9	LA VILLAFLOA RODRIGO DE CHAVEZ	11.3143 km
PUNTO 10	LA BASILICA	11.7186 km
PUNTO 11	ITCHIMBIA	15.6255 km
PUNTO 12	BELLAVISTA	15.3564 km
PUNTO 13	PARQUE LA CAROLINA	17.3874 km
PUNTO 14	PLAZA DE TOROS	18.0766 km
PUNTO 15	PARQUE BICENTENARIO	19.1432 km
PUNTO 16	PARQUE INGLÉS	19.2559 km
PUNTO 17	CUMBAYA	29.7330 km
PUNTO 18	OYAMBARILLO CERCA DE PIFO	32.2750 km
PUNTO 19	YARUQUI	37.4156 km
PUNTO 20	EL QUINCHE	32.3296 km
PUNTO 21	VIA PAPALLACTA	25.4950 km
PUNTO 22	PINTAG	14.0217 km
PUNTO 23	CAPELO	11.0519 km
PUNTO 24	PUENTE TRES	7.80089 km

Como se puede apreciar en la Tabla 3-1, los puntos de las pruebas fueron tomados tanto en zonas rurales como urbanas y la recepción entre estas zonas muestra una notable diferencia tanto en ruido, calidad de señal, relación señal a ruido y MER (*Modulation Error Ratio*).

Al iniciar las pruebas se debe configurar el receptor, mediante los botones de control que se puede observar en la Figura 3-3, se comprobó que se podía recibir señal analógica tanto en FM (Frecuencia Modulada) como en AM (Amplitud Modulada) con éxito, después seleccionamos para escuchar con el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*).



**Figura 3-3** Botones para control del receptor DRM Newstar DR111

Posteriormente se procedió a sintonizar la frecuencia donde se transmite la señal digital, desde la Unión Nacional de Periodistas ubicada en 820KHz, con la perilla ubicada en la parte frontal del receptor como se puede observar en la Figura 3-4 y en la Figura 3-5.



**Figura 3-4** Vista frontal del receptor DRM Newstar DR111



**Figura 3-5** Frecuencia de la radioemisora sintonizada

El siguiente parámetro a configurar es el modo en el que se receptorá la señal y el ancho de banda, que para el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*) puede ser de 9KHz o 10KHz, como estamos en Ecuador el ancho de banda corresponde a 10KHz y el modo que está predeterminado en el receptor es el modo A, como se observa en la Figura 3-6.



**Figura 3-6** Parámetros del receptor DRM Newstar DR111

Después de pocos segundos de haber configurado estos parámetros, se puede observar en la pantalla que efectivamente se pudo receptor la señal de radio digital, ya que se puede apreciar el nombre de la emisora en este caso HCJB (Hoy Cristo Jesús Bendice) que se encuentra transmitiendo desde las instalaciones de la Unión Nacional de Periodistas, como se aprecia en la Figura 3-7



**Figura 3-7** Nombre de la radioemisora sintonizada

Cabe mencionar que en el supuesto caso que se adopte este estándar de manera oficial como estado Ecuatoriano, la sintonización de las radioemisoras no será por frecuencia sino por nombre, teniendo así, la facilidad geográfica al sintonizar ya que al cambiarnos de un lugar a otro dentro de nuestro país la radioemisora se mantendrá a pesar de que cambiará en frecuencia, pero esto será transparente para el oyente.

Al tener configurados los parámetros se puede obtener información importante en cuanto a la señal y su forma de transmisión como por ejemplo la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y MER (*Modulation Error Ratio*) como se observa en la Figura 3-8, también se puede obtener datos de la protección y el *interleaver* como se aprecia en la Figura 3-9, el servicio y la velocidad como muestra la Figura 3-10.



**Figura 3-8** Datos de la señal de radio digital DRM



**Figura 3-9** Datos de la señal de radio digital DRM



**Figura 3-10** Datos de la señal de radio digital DRM

Para ir cumpliendo con los objetivos planteados al iniciar las pruebas se elaboró un formato para la toma de pruebas tomando en cuenta los datos que nos puede proporcionar el receptor que son SNR (*Signal to Noise Ratio*) y MER (*Modulation Error Ratio*), así como una calificación cualitativa en cuanto al ruido percibido y entrecortes de la señal.

La metodología de medida consistió en tomar mediciones tanto del MER (*Modulation Error Ratio*) como de la SNR (*Signal to Noise Ratio*), y de manera cualitativa la calidad de la señal, ruido, continuidad en cada punto durante un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos en cada punto de la ruta.

### 3.1.2 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS

Para el análisis de las pruebas se inicia ubicando geográficamente los puntos mencionados en la Tabla 3-1, con los datos obtenidos en cada punto, los cuales fueron tomados en intervalos de 3 a 5 minutos, procedemos a determinar el valor promedio tanto de relación señal a ruido como de MER (*Modulation Error Ratio*),

para observar la relación que podría existir entre las medidas de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y el MER (*Modulation Error Ratio*), se grafican los valores.

En cada intervalo de tiempo se realizaron variantes en la longitud de la antena del receptor, con el objetivo de verificar cambios tanto cualitativos como cuantitativos en la recepción de la señal. Los cambios cuantitativos se los verifica en los valores tanto de relación señal a ruido como en el MER (*Modulation Error Ratio*), y los cambios cualitativos se los percibe en la calidad de recepción del audio, es decir si se corta la señal, como en la percepción del ruido en la señal. A continuación se analiza punto por punto los datos obtenidos, ya que en cada uno se tiene diferentes circunstancias y por ende diferentes respuestas por parte de la señal de radio digital.

### 3.1.2.1 Punto 1

Iniciando en el punto A, ubicado al sur de la ciudad de Quito, en el sector de Fundeporte, el cual está muy cerca de la Unión Nacional de Periodistas, a una distancia de 3.65213 km, como se puede observar en el mapa indicado en la Figura 3-11

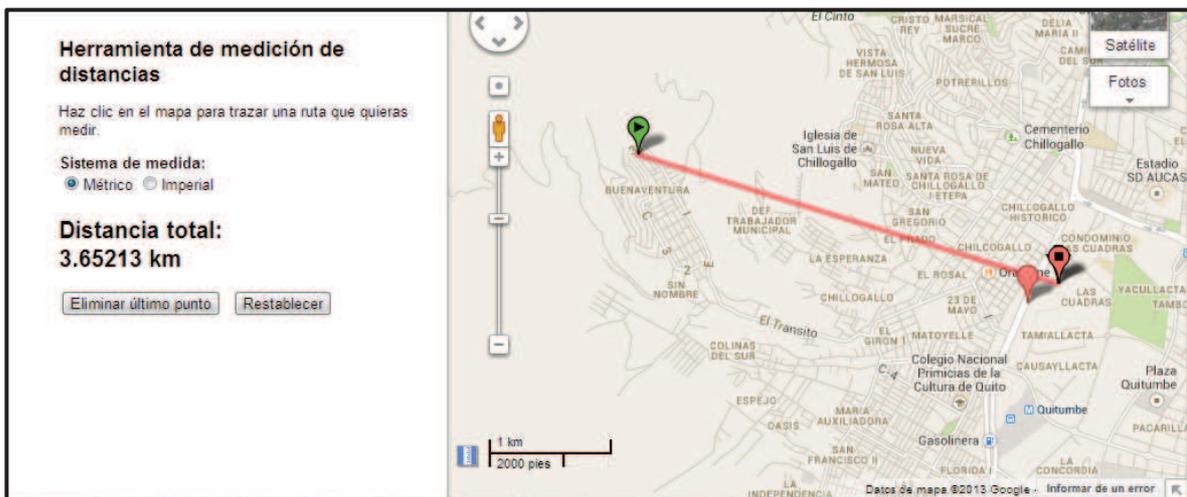


Figura 3-11 Ubicación geográfica del Punto 1

En este primer punto de medición la recepción es muy buena por la cercanía al transmisor, se puede comprobar con la relación señal a ruido ya que tiene buenos

niveles entre 15 dB y 20 dB, teniendo un promedio de todas las mediciones de 17,8 dB como se indica en la

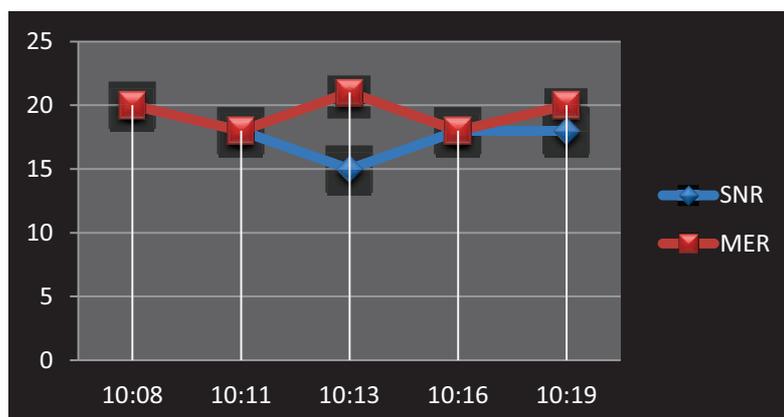
Tabla 3-2.

Del mismo modo los valores del MER (*Modulation Error Ratio*) reportados en este punto son buenos desde un valor de 18dB a 20dB, reflejando estos valores cuantitativos en las cualidades que refleja la señal como la excelente calidad considerando que la longitud de la antena era mínima, no se presentó ruido ni entrecortes en la recepción de la señal, como se observa en la Tabla 3-2

**Tabla 3-2** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 1

PUNTO 1: FUNDEPORTE	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	10:08	10:11	10:13	10:16	10:19	
SNR	20 dB	18 dB	15 dB	18 dB	18 dB	17.8 dB
MER	20 dB	18 dB	21 dB	18 dB	20 dB	19.4 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	no	no	no	

Al graficar los valores cuantitativos que se tiene, se puede observar que la señal necesita un tiempo para poder estabilizarse, ya que en tres de las cinco medidas tomadas los datos coinciden, como se observa en la Figura 3-12



**Figura 3-12** Gráfica de SNR y MER del Punto 1

### 3.1.2.2 Punto 2

Siguiendo con la ruta de medidas se llegó al punto 2, situado en Guamaní cerca de la Unidad Educativa Nueva Vida, al sur de la ciudad de Quito, se puede observar el punto exacto con la ayuda de la herramienta de Google Maps, mostrado en la Figura 3-13



Figura 3-13 Ubicación geográfica del Punto 2

En este segundo punto de medición se percibió un poco de ruido y se perdía la señal continuamente, esto se debe a que las medidas de SNR (*Signal to Noise Ratio*) tomaron valores entre 7 dB a 12 dB, el umbral de este parámetro debe ser aproximadamente 12 dB para que la señal pueda ser escuchada correctamente, las medidas del MER (*Modulation Error Ratio*) aparentemente son estables fluctuando entre 14 dB y 16 dB, la antena pasó de longitud mínima a máxima con el objetivo de que las cualidades de la señal mejoraran pero no llegó a la calidad deseada, como se aprecia en la Tabla 3-3

Tabla 3-3 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 2

PUNTO 2: GUAMANI	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	10:37	10:39	10:42	10:45	10:49	
SNR	12 dB	8 dB	7 dB	7 dB	9 dB	8.6 dB
MER	16 dB	16 dB	14 dB	14 dB	16 dB	15.2 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	máxima	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	poco	poco	poco	poco	poco	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	si	si	si	si	si	

Se puede observar cierta semejanza en la tendencia del MER (*Modulation Error Ratio*) y de SNR (*Signal to Noise Ratio*), esto se le puede atribuir al hecho de que la recepción en este segundo punto no fue satisfactoria, no se logró que la señal logre estabilizarse ni que alcance un nivel de SNR (*Signal to Noise Ratio*) adecuado para poder tener una recepción continua, sin ruido y con buena calidad, esto se puede observar más claramente en la siguiente Figura 3-14

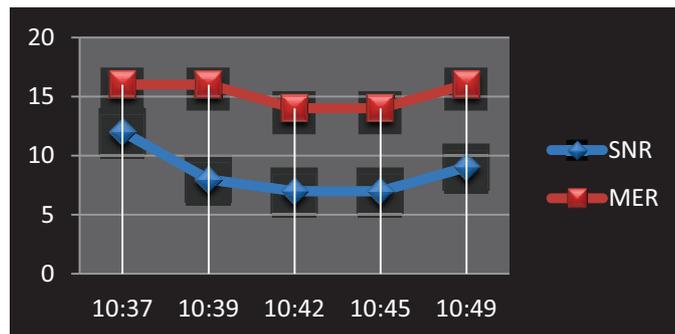


Figura 3-14 Gráfica de SNR y MER del Punto 2

### 3.1.2.3 Punto 3

Avanzando en la ruta programada, se llegó al Punto 3, ubicado en el kilómetro 1 de la vía Quito-Aloag, por la panamericana sur. Como se observa en el mapa generado por Google Maps de la Figura 3-15, este punto tiene línea de vista aproximada con el transmisor que se encuentra en el sector de Chillogallo.



Figura 3-15 Ubicación geográfica del Punto 3

En este tercer punto la SNR (*Signal to Noise Ratio*) presentó valores muy bajos con un promedio de 7,6 dB, pero a pesar de ello se pudo escuchar la señal de radio digital, presentando poco ruido y entre cortes en la señal escuchada. Los valores mostrados en el MER (*Modulation Error Ratio*) fueron aceptables ya que varían entre 14 dB y 16 dB, como se puede apreciar en la Tabla 3-4 no, se logró estabilizar la señal a pesar de haber tomado medidas durante 11 minutos aproximadamente.

**Tabla 3-4** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 3

PUNTO 3: Km. 1 Panamericana Sur, vía Quito-Aloag, parroquia Cutuglagua, Sector del INIAP	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	10:52	10:55	10:58	11:00	11:03	
SNR	8 dB	8 dB	7 dB	8 dB	7 dB	7.6 dB
MER	16 dB	15 dB	15 dB	14 dB	14 dB	14.8 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mitad	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	si	si	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	si	si poco	si	si	si	

Como no se logró que la señal pueda estabilizarse, se modificó la longitud de la antena, empezando con su longitud mínima en la primera medición, siguiendo con el aumento de la longitud de la antena a la mitad en la segunda toma de medidas, para que desde la tercera medición se tenga la longitud máxima de la antena; con esta acción se esperaba que las características tanto cualitativas y cuantitativas de la señal mejorara, pero en el caso de ruido y pérdida de señal no se tuvo ninguna mejora, en cuanto a la SNR (*Signal to Noise Ratio*) no se tuvo regeneración alguna y en cuanto al MER (*Modulation Error Ratio*) se presentó desmejora en sus valores, teniendo así ninguna relación entre estos dos parámetros como se puede observar gráficamente en la Figura 3-16:

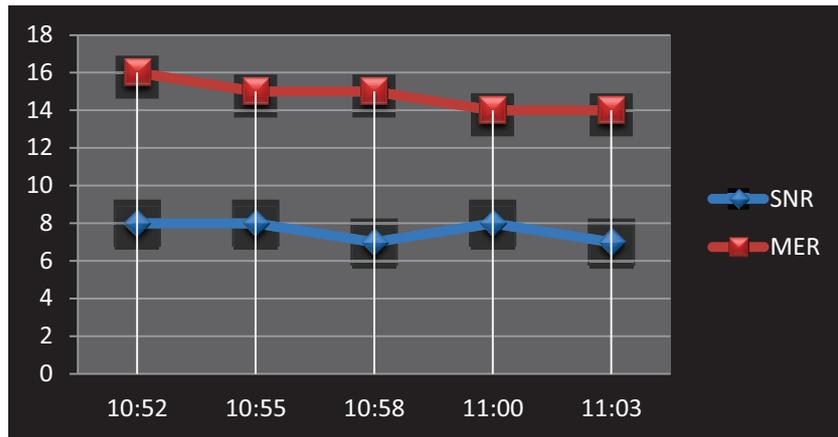


Figura 3-16 Gráfica de SNR y MER del Punto 3

#### 3.1.2.4 Punto 4

El siguiente punto camino en dirección sur, fue en el sector Tambillo, se tomó las medidas en la avenida Panamericana como se aprecia en la Figura 3-17, donde se tenía mucha interferencia por la alta velocidad que pasan los carros, por este motivo no se pudo receptar señal, seguramente en un punto alejado de esta vía se puede acceder a la transmisión sin ningún problema, ya que la calidad será mejor sin la afectación de este ruido.

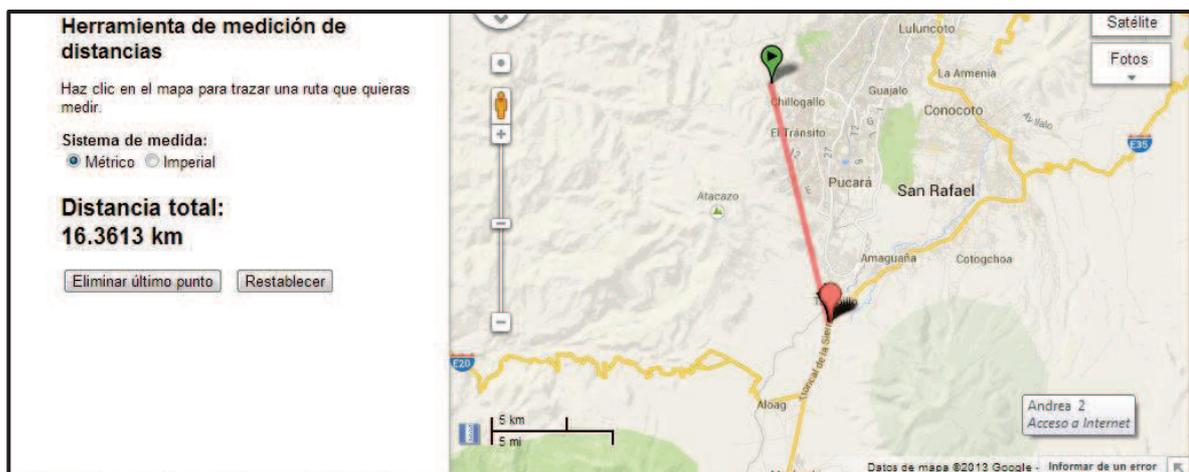


Figura 3-17 Ubicación geográfica del Punto 4

Dado el ruido alto producido por los automóviles en este punto de Tambillo, fue difícil receptar una señal con buena calidad, esto se evidencia en los bajos valores de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) que se encuentran en el rango de 1dB a

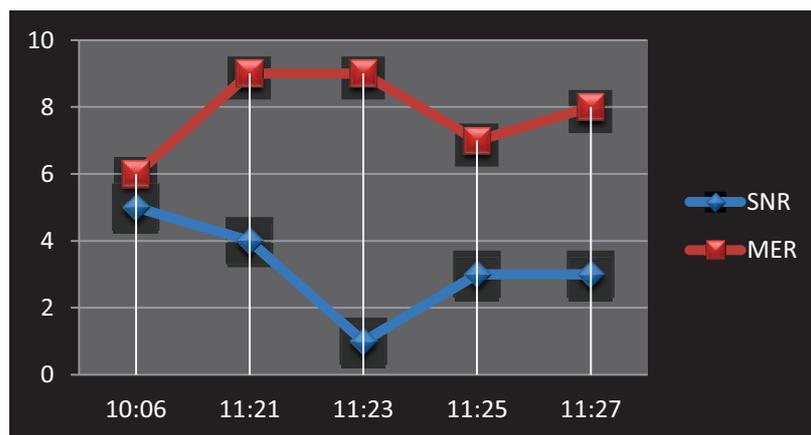
5 dB, para poder recibir la señal se necesita que estos valores sean alrededor de 12dB como se puede observar en la Tabla 3-5.

**Tabla 3-5** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 4

PUNTO 4: TAMBILLO	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	10:06	11:21	11:23	11:25	11:27	
SNR	5 dB	4 dB	1 dB	3 dB	3 dB	3.2 dB
MER	6 dB	9 dB	9 dB	7 dB	8 dB	7.8 dB
LONGITUD DE ANTENA	media	media	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	NO SE RECEPTA SEÑAL					
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL						

Para mejorar la recepción de la señal digital se aumentó la longitud de la antena, pero no se obtuvo ninguna mejora en las cualidades cuantitativas ni cualitativas, como se puede ver en la Tabla 3-5 los valores del MER (*Modulation Error Ratio*) oscilaban entre 6 dB y 9 dB, por lo tanto no se recibió la señal de prueba de radio digital.

Con estos valores no se puede tener ninguna relación entre el MER (*Modulation Error Ratio*) y la SNR (*Signal to Noise Ratio*) puesto que la señal nunca se estabilizó ni aumentó sus valores para poder ser escuchada como se observa en la Figura 3-18:



**Figura 3-18** Gráfica de SNR y MER del Punto 4

### 3.1.2.5 Punto 5

El siguiente punto fue en el sector de Aloag y uno de los más críticos, ya que por esta zona la contaminación acústica era elevada, de igual forma que en el anterior Punto 4, se tomó las medidas en la vía principal como se puede observar la ubicación exacta en la Figura 3-19, descargada de Google Maps.

Se puede apreciar también en el mapa de la Figura 3-19, la distancia a la que se encuentra el punto de medición con el sector de Chillolallo y la zona por donde tendría que viajar la señal, se podría mencionar que la señal se desvanece por la elevación del Atacazo que se encuentre en medio del transmisor y receptor.



**Figura 3-19** Ubicación geográfica del Punto 5

Se considera a este punto uno de los más críticos ya que aparte de no receptor ninguna señal y tener la antena en su longitud máxima, no se pudo receptor ningún valor de SNR (*Signal to Noise Ratio*) ni de MER (*Modulation Error Ratio*), como se observa en la Tabla 3-6.

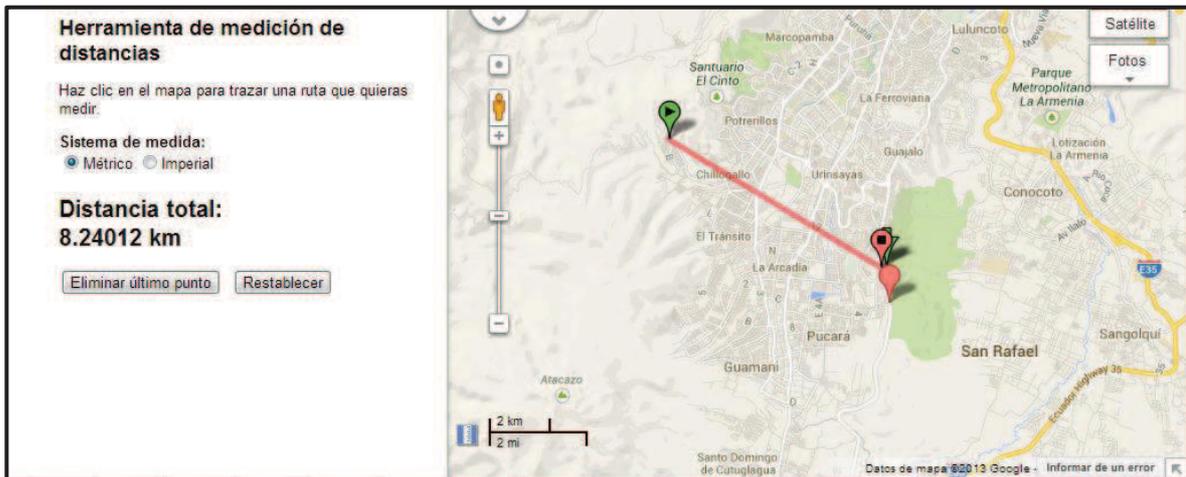
**Tabla 3-6** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 5

PUNTO 5: ALOAG	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	11:15	11:20	11:23	11:25	11:27	
SNR	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
MER	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
LONGITUD DE ANTENA	máxima	máxima	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	NO SE RECEPTA SEÑAL					
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL						

Esta situación lleva a la conclusión de que en esta zona no llega la señal de radio digital, se podría estar hablando de una zona de sombra dentro de la cobertura de esta transmisión, ya que como se verá en el próximo capítulo dicha cobertura debía llegar aún más al sur.

### 3.1.2.6 Punto 6

El siguiente punto en la ruta fue en la Avenida Simón Bolívar, a la altura del Parque Metropolitano del Sur llamado San Martín de Porras, debido a la interferencia que producen los automóviles que transitan a altas velocidades en esta vía, buscamos un punto alejado para poder recibir la señal de mejor manera como se puede observar en la Figura 3-20:



**Figura 3-20** Ubicación geográfica del Punto 6

Como se puede observar en la Figura 3-20, desde el transmisor ubicado en Chillogallo la señal debe cruzar todo el sector urbano para llegar a la altura del punto de medición 6, por lo que presenta grandes atenuaciones y se pudo recibir la señal solo por pocos segundos.

Las mediciones se iniciaron como podemos ver en la Tabla 3-7, con la antena del receptor en su longitud media, aumentando a su longitud máxima desde la segunda toma de medidas, con esto al inicio la SNR (*Signal to Noise Ratio*) mejoró sus valores de 5 dB a 7 dB pero decayó hasta llegar a 0 dB y 2 dB, con un

promedio de la medición de 4,2 dB, lo cual es insuficiente para poder escuchar la señal con buena calidad

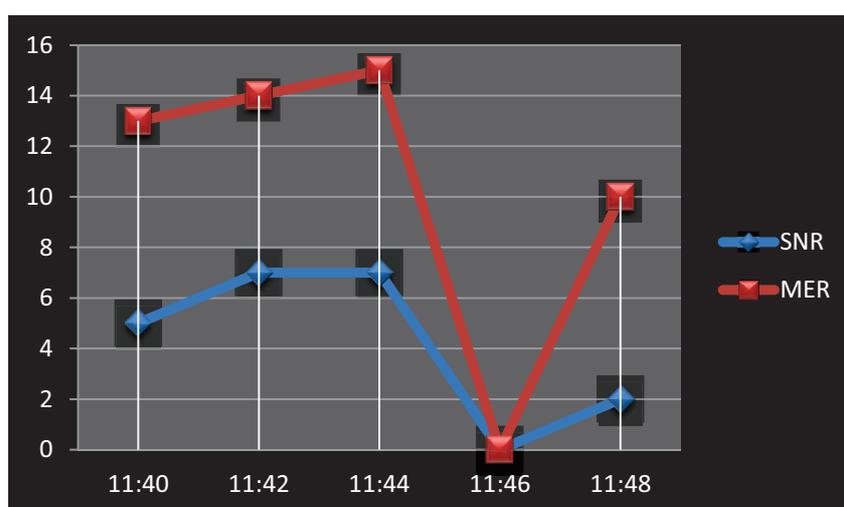
**Tabla 3-7** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 6

PUNTO 6: SIMON (SAN MARTIN DE PORRAS)	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	11:40	11:42	11:44	11:46	11:48	
SNR	5 dB	7 dB	7 dB	0 dB	2 dB	4.2 dB
MER	13 dB	14 dB	15 dB	0 dB	10 dB	10.4 dB
LONGITUD DE ANTENA	mitad	máxima	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	NO HAY SEÑAL					
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	NO HAY SEÑAL		SONO POR DOS SEGUNDOS			

Los valores del MER (*Modulation Error Ratio*) se mantuvieron aceptables en la mayoría de medidas entre valores de 10 dB a 15 dB, con un bajo valor en la cuarta medición de 0 dB ya que se perdió totalmente la recepción de la señal.

Este problema se puede corregir aumentando la potencia del transmisor para que la atenuación producida al viajar por el sector urbano no afecte tan considerablemente a la señal y así pueda ser receptada de una mejor manera.

Con los valores obtenidos en este sexto punto de medición si se puede observar en la Figura 3-21 una similitud en la tendencia entre las medidas de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y el MER (*Modulation Error Ratio*).



**Figura 3-21** Gráfica de SNR y MER del Punto 6

### 3.1.2.7 Punto 7

El siguiente punto en la ruta planificada fue en la misma Avenida Simón Bolívar a la altura del Puente de Guajaló, como se puede observar en el mapa generado con Google Maps en la Figura 3-22, en este caso la señal también tiene que viajar por el sector urbano hasta llegar al punto de medición, por lo que se presentó algunos problemas considerando también el ruido de la zona de Guajaló.

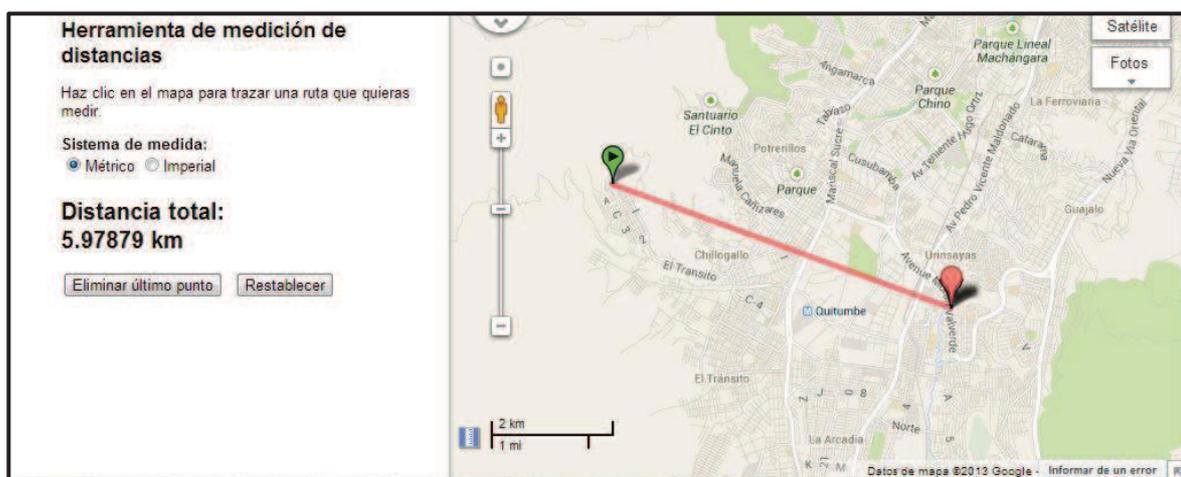


Figura 3-22 Ubicación geográfica del Punto 7

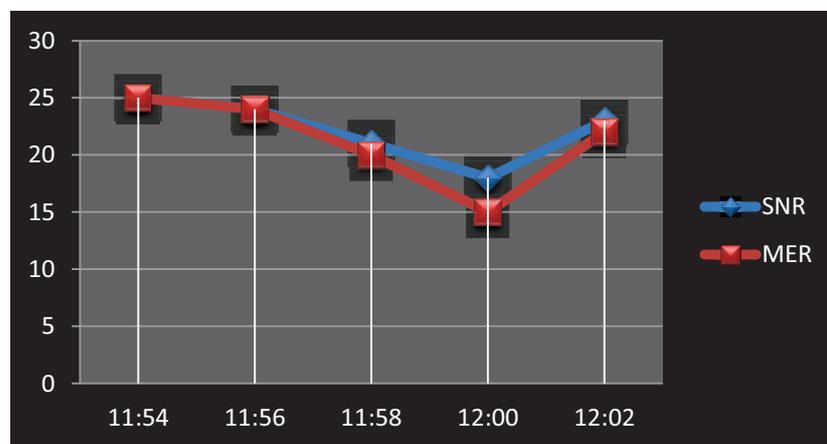
En este punto se presentó unos valores considerablemente buenos para tener una recepción sin ningún problema, como se aprecia en la Tabla 3-8, sin embargo al transcurrir el tiempo las mediciones la señal se fue deteriorando hasta llegar a entre cortarse, para corregir esto se aumentó la longitud de la antena del receptor de su longitud mínima a su longitud máxima lo que provocó que el receptor se reiniciara algunas veces.

Tabla 3-8 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 7

PUNTO 7: SIMON BOLIVAR A LA ALTURA DEL PUENTE DE GUAJALO	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	11:54	11:56	11:58	12:00	12:02	
SNR	25 dB	24 dB	21 dB	18 dB	23 dB	22.2 dB
MER	25 dB	24 dB	20 dB	15 dB	22 dB	21.2 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	poco	si	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	si	SE REINICIA EL RECEPTOR		

El hecho de que se reiniciará el receptor al momento de aumentar la longitud de su antena se le puede atribuir al software cargado al receptor, puesto que se tiene la facultad de actualizar este software por medio de una tarjeta SD (Secure Digital) donde se guarda la actualización descargada del internet, esta tarjeta se la ingresa en el receptor para que se actualice automáticamente y así ya no se tenga este problema de reiniciamiento del sistema.

Gracias a los valores apropiados que se presentaron en este punto de medición se puede observar una relación estrecha entre la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y el MER (*Modulation Error Ratio*), ya que sus valores siguen la misma tendencia, decaen y aumentan paralelamente, como se aprecia en la Figura 3-23



**Figura 3-23** Gráfica de SNR y MER del Punto 7

### 3.1.2.8 Punto 8

El siguiente punto de toma de medidas fue en el Parque Lineal de Solanda, este punto es interesante ya que se encuentra dentro de la ciudad de Quito y se puede experimentar el comportamiento de la señal en el sector urbano.

Como se puede ver en la Figura 3-24 el punto de medida se encuentra considerablemente cerca del sector de Chillogallo que es donde se encuentra el transmisor, pero a pesar de ello la calidad de la señal no fue tan óptima como se esperaba.

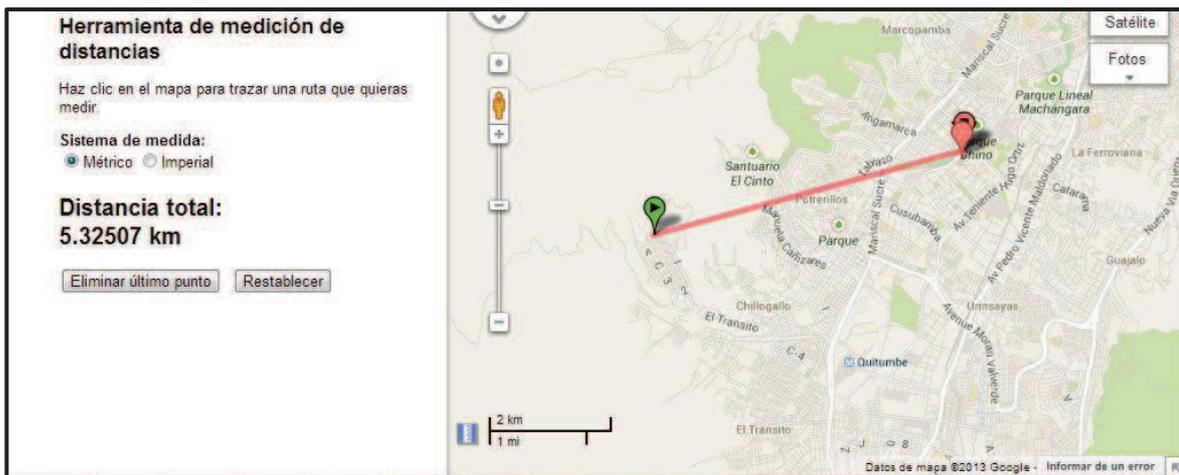


Figura 3-24 Ubicación geográfica del Punto 8

El comportamiento de la señal de radio digital en el sector urbano se puede apreciar en la Tabla 3-9, donde se observa que al inicio no se podía escuchar la señal receptada porque su calidad no era aceptable y considerando que la longitud de la antena era máxima, al pasar el tiempo y esperar que la señal logre estabilizarse se tuvo mejoría en los valores tanto de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del MER (*Modulation Error Ratio*), a pesar de ello se podía percibir un poco de ruido, con lo que se pudo reducir la longitud de la antena a la mitad. Al pasar un intervalo más de tiempo la señal logró estabilizarse, mejorando así su calidad y desapareciendo la percepción de ruido.

Tabla 3-9 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 8

PUNTO 8: PARQUE LINEAL DE SOLANDA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	12:22	12:26	12:29	12:31	12:33	
SNR	4 dB	16 dB	18 dB	16 dB	13 dB	13.4 dB
MER	9 dB	20 dB	17 dB	18 dB	17 dB	16.2 dB
LONGITUD DE ANTENA	maxima	media	minima	minima	minima	
PERCEPCION DE RUIDO	no hay señal	poco	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no hay señal	si 2 veces	no	no	si una vez	

La relación que se puede obtener de las mediciones en este punto entre la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y el MER (*Modulation Error Ratio*) se puede observar en la Figura 3-25, donde la tendencia de los dos parámetros es semejante, mostrando

así que la señal necesita un lapso de tiempo para poder estabilizarse y tener buenas características.

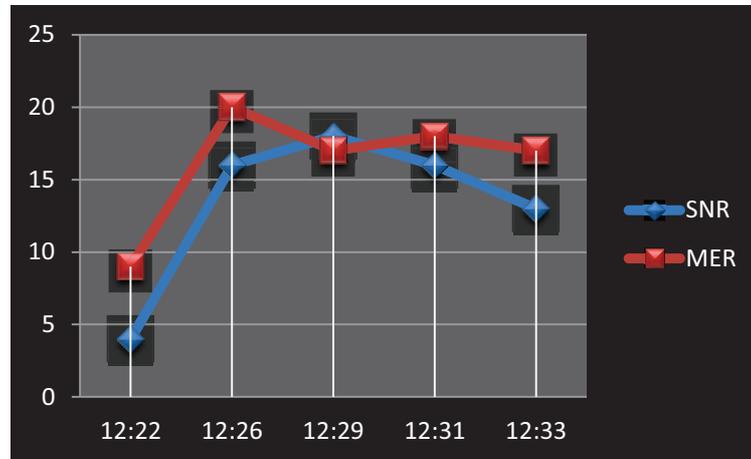


Figura 3-25 Gráfica de SNR y MER del Punto 8

### 3.1.2.9 Punto 9

El punto número 9 de la ruta de mediciones fue en el sector de la Villaflora, al sur de la ciudad de Quito, en la Av. Rodrigo de Chávez como se observa su ubicación exacta en la Figura 3-26, gracias a la herramienta electrónica de Google Maps

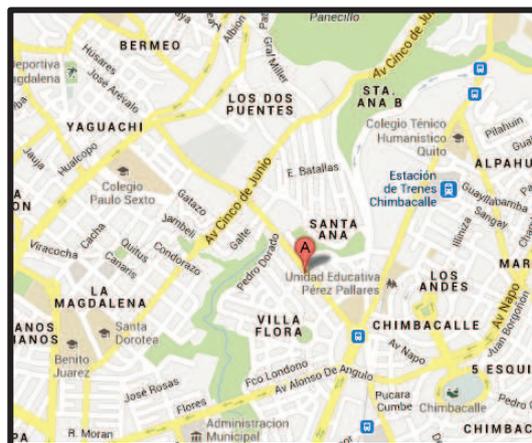
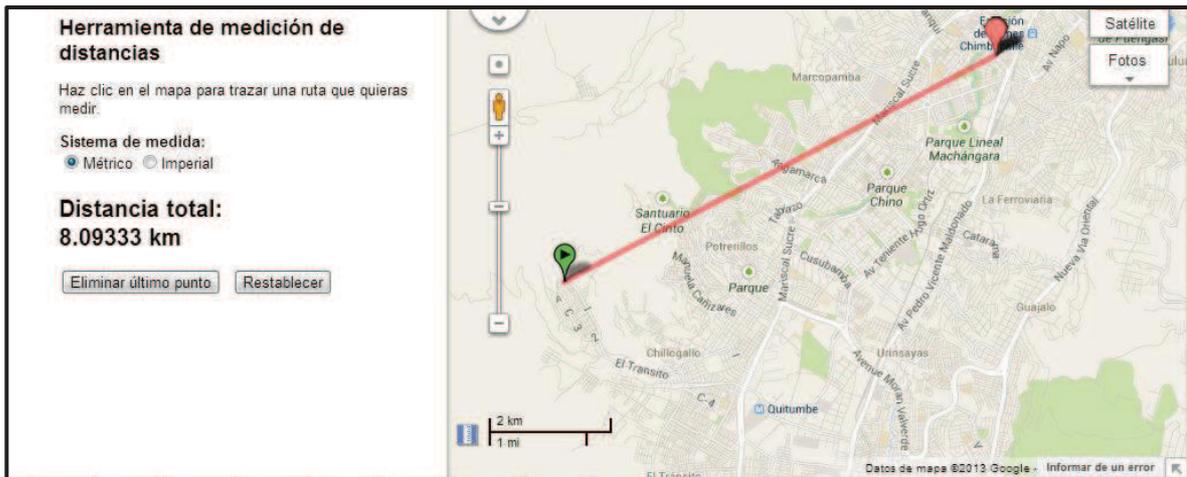


Figura 3-26 Ubicación geográfica del Punto 9

Al realizar un alejamiento en el mapa de la ubicación de medición, se puede tener una idea de la cercanía con el transmisor de la señal de radio digital, ubicado en el sector de Chillogallo como se puede observar en la Figura 3-27



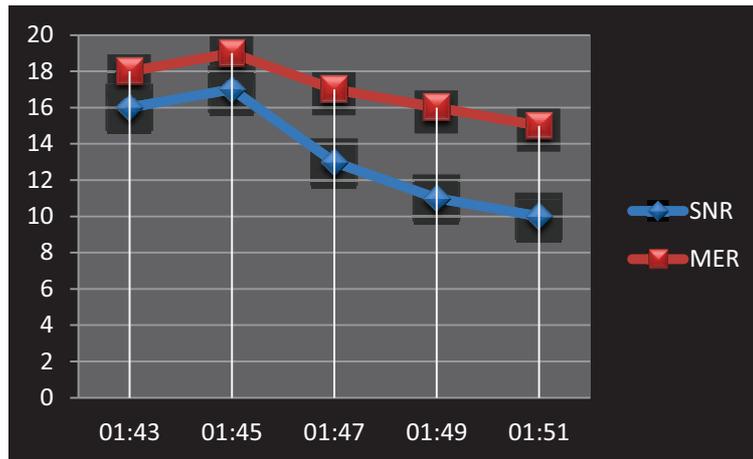
**Figura 3-27** Distancia del Punto de Medición 9 con el Transmisor en Chillogallo

A pesar de la cercanía con el transmisor de este punto 9 de medición, a la señal le tomó unos pocos minutos estabilizarse, se encontraba la antena del equipo receptor en su longitud media, y aun así se tuvo problema al inicio de la recepción de señal, ya que se reinició el software con el que trabaja este modelo de receptor. Poco tiempo después como se puede ver en la Tabla 3-10 los valores de los parámetros SNR (*Signal to Noise Ratio*) y MER (*Modulation Error Ratio*) decayeron notoriamente, pero el ruido que se percibía al inicio de la toma de medidas desapareció por completo.

**Tabla 3-10** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 9

PUNTO 9: LA VILLAFLORA RODRIGO DE CHAVEZ	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	01:43	01:45	01:47	01:49	01:51	
SNR	16 dB	17 dB	13 dB	11 dB	10 dB	13.4 dB
MER	18 dB	19 dB	17 dB	16 dB	15 dB	17 dB
LONGITUD DE ANTENA	media	media	media	media	media	
PERCEPCION DE RUIDO	poco	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	se reinicio	no	no	no	no	

La mayor ventaja que se pudo tener en este punto de medición, como se refleja en la Figura 3-28, es la total similitud de la tendencia de los valores de los parámetros cuantitativos que se pudo evaluar en esta ruta de mediciones.

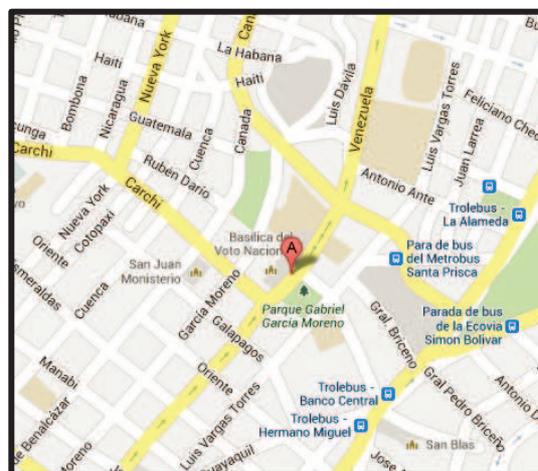


**Figura 3-28** Gráfica de SNR y MER del Punto 9

Se puede apreciar la baja en los valores de estos anteriores parámetros, esta situación se la puede justificar indicando que en el sector donde se realizaron las medidas, existe mucho ruido que contamina la señal y por ello los errores son mayores y la diferencia entre la señal que debe llegar a la que llega en realidad es más notorio.

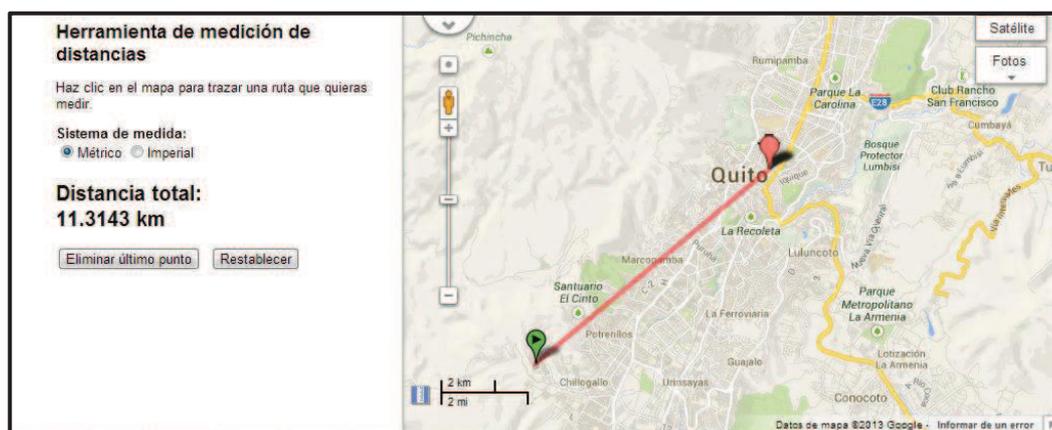
### 3.1.2.10 Punto 10

Es de importancia conocer el comportamiento de la señal de radio digital en el centro de la ciudad de Quito, por eso se tomaron medidas al frente de la Iglesia Católica de la Basílica, como se puede observar en Figura 3-29 gracias a la herramienta de Google Maps.



**Figura 3-29** Ubicación geográfica del Punto 10

Este punto se consideró como clave, ya que la señal tendrá que pasar uno de los obstáculos más grandes, que es la elevación del Panecillo y la distancia considerable que viaja la señal para poder ser receptada en este punto como se puede apreciar en la Figura 3-30 .



**Figura 3-30** Distancia del Punto de Medición 10 con el Transmisor en Chillogallo

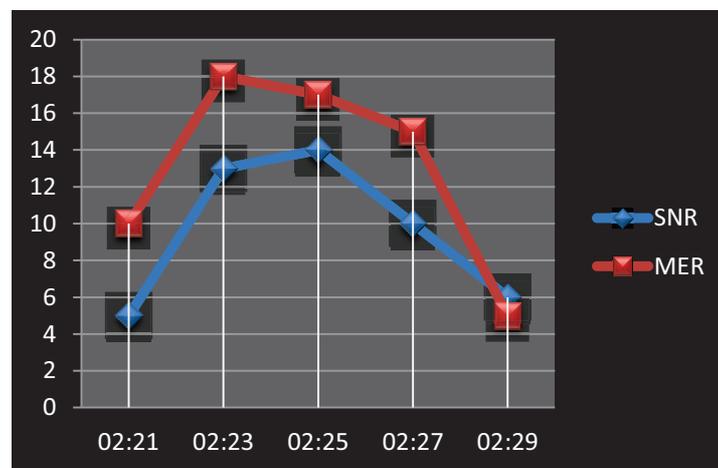
Debido a las dificultades que presenta llegar a este punto la señal transmitida desde el sector de Chillogallo, en el tiempo de toma de medidas no se logró estabilizar a la señal, comenzando por que se tuvo problemas en enganchar la señal, manteniéndose por pocos minutos con buena calidad y decayendo hasta perder de nuevo la señal, como se observa en los datos recopilados en la Tabla 3-11.

**Tabla 3-11** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 10

PUNTO 10: LA BASILICA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	02:21	02:23	02:25	02:27	02:29	
SNR	5 dB	13 dB	14 dB	10 dB	6 dB	9.6 dB
MER	10 dB	18 dB	17 dB	15 dB	5 dB	13 dB
LONGITUD DE ANTENA	máxima	media	mínima	mínima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	no se tiene señal	no	no	poco	no se tiene señal	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no se tiene señal	no	si	si	no se tiene señal	

Este comportamiento de la señal receptada se debe a las situaciones descritas anteriormente, adicional se puede manifestar que se podría tratar de una posible zona de sombra de la transmisión, también el ruido presente en el sector de la Basílica, no permite recibir una señal aceptable para ser escuchada.

La tendencia en este punto de medición de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del MER (*Modulation Error Ratio*) son muy similares como se observa en la Figura 3-31, donde gráficamente se observa que los niveles de estos parámetros tienen subidas y bajas drásticas lo cual no es amigable con el oyente.



**Figura 3-31** Gráfica de SNR y MER del Punto 10

### 3.1.2.11 Punto 11

Este punto de medición fue de gran interés ya que se encuentra en una elevación y es despejado, como se puede observar en la Figura 3-32, se trata del Parque Itchimbía, ubicado más al norte del Panecillo y a una distancia considerable del transmisor en Chillogallo como se aprecia en la Figura 3-33:

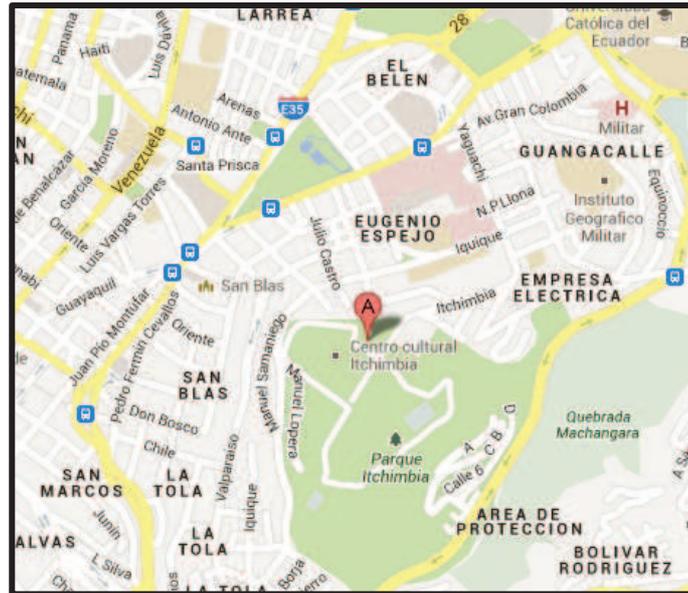


Figura 3-32 Ubicación geográfica del Punto 11

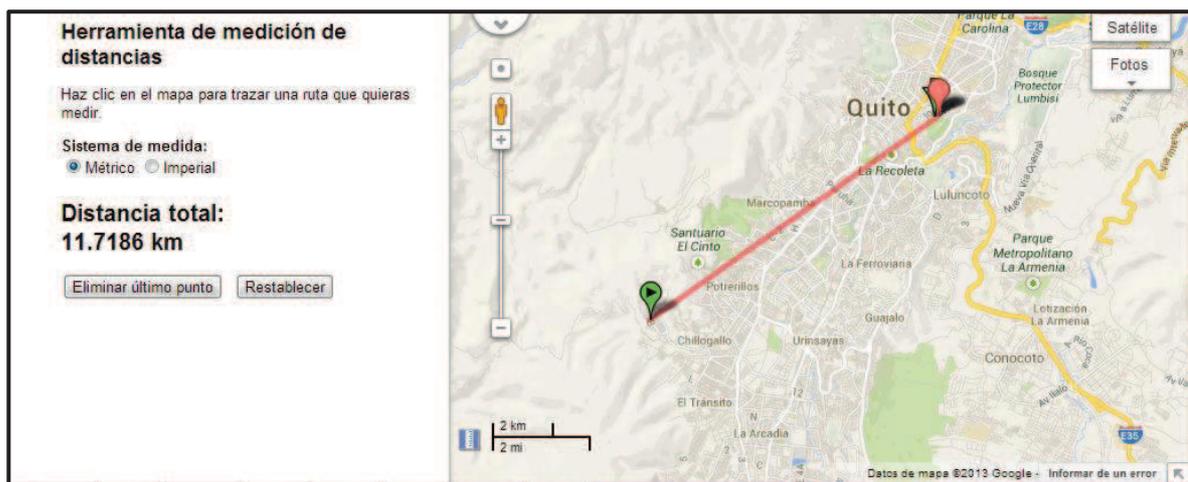


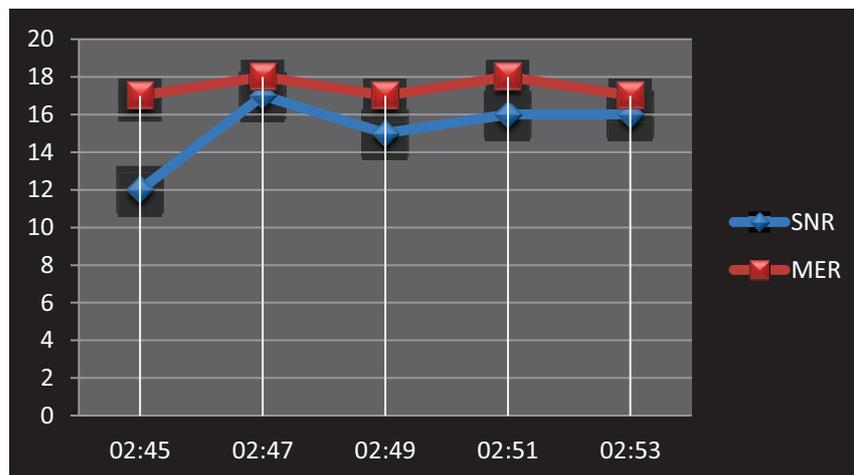
Figura 3-33 Distancia del Punto de Medición 11 con el Transmisor en Chilligallo.

A pesar de la ubicación del punto 11, la recepción de la señal de radio digital fue muy buena, ya que no se percibió ninguna clase de ruido ni se entrecortó la señal como sucedió en anteriores ocasiones, como se puede observar en la Tabla 3-12, los valores son aproximadamente constantes, es decir la señal se recibió estable desde la primera medición hasta el final de esta.

**Tabla 3-12** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 11

PUNTO 11: ITCHIMBIA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	02:45	02:47	02:49	02:51	02:53	
SNR	12 dB	17 dB	15 dB	16 dB	16 dB	15.2 dB
MER	17 dB	18 dB	17 dB	18 dB	17 dB	17.4 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	poco	no	no	no	no	

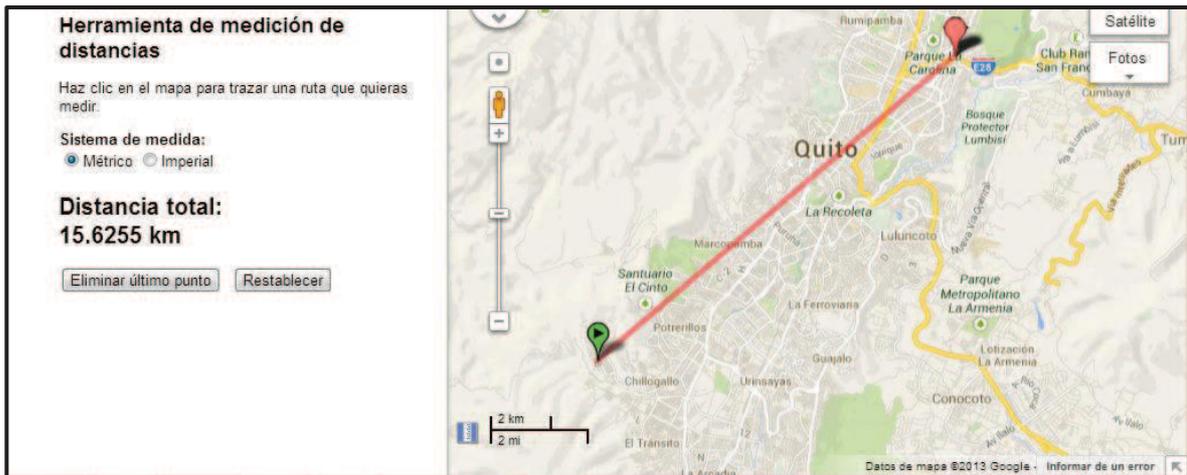
Gracias a la estabilidad de la señal y la buena calidad de esta, la relación entre la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y el MER (*Modulation Error Ratio*) es muy estrecha, como se observa en la Figura 3-34, las dos gráficas siguen la misma tendencia y en valores muy buenos oscilando entre 15 dB y 18 dB en ambos parámetros.



**Figura 3-34** Gráfica de SNR y MER del Punto 11

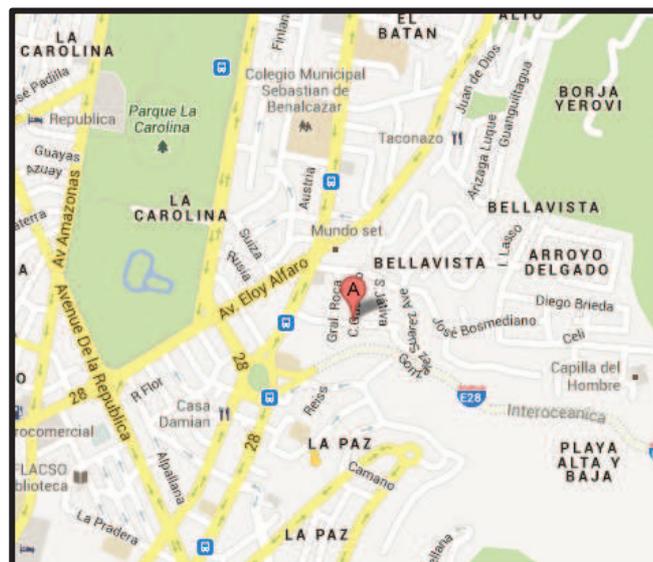
### 3.1.2.12 Punto 12

Ya que en el anterior punto la recepción de la señal fue muy buena en un lugar elevado de la ciudad, este punto fue tomado en el sector de la Bellavista al norte de Quito, el cual se encuentra más alejado del transmisor y la señal debe viajar prácticamente la mayoría de la ciudad, como se puede ver en la Figura 3-35.



**Figura 3-35** Distancia del Punto de Medición 12 con el Transmisor en Chillogallo

Como se observa en la Figura 3-36 este punto de medición se encuentra alejado de las calles principales, para evitar el ruido que produce el sector urbano, y se trató de receptor señal en las cercanías de este punto sin tener ningún éxito.



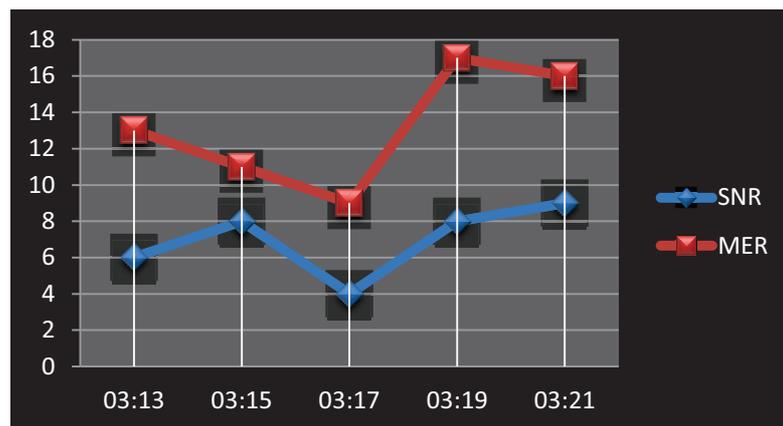
**Figura 3-36** Ubicación geográfica del Punto

Como se observa en la Tabla 3-13, este punto se inició con buenos valores tanto de SNR (*Signal to Noise Ratio*) como de MER (*Modulation Error Ratio*), se esperó un lapso de tiempo con la esperanza de receptor señal de radio digital, pero la señal no logró estabilizarse y no se pudo escuchar en el receptor la programación de prueba, puesto que no contaba con la calidad suficiente.

**Tabla 3-13** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 12

PUNTO 12: BELLAVISTA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	03:13	03:15	03:17	03:19	03:21	
SNR	6 dB	8 dB	4 dB	8 dB	9 dB	7 dB
MER	13 dB	11 dB	9 dB	17 dB	16 dB	13.2 dB
LONGITUD DE ANTENA	media	media	media	media	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	NO SE RECEPTA SEÑAL					
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL						

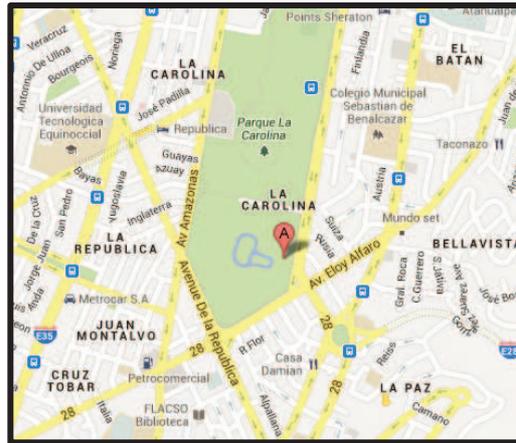
A pesar de los bajos valores presentados en esta medición y que no se logró escuchar la señal transmitida desde Chillogallo, los parámetros SNR (*Signal to Noise Ratio*) y MER (*Modulation Error Ratio*) mantienen una estrecha relación como se observa en la Figura 3-37, donde ambos parámetros medidos siguen la misma secuencia con el transcurso del tiempo.



**Figura 3-37** Gráfica de SNR y MER del Punto 12

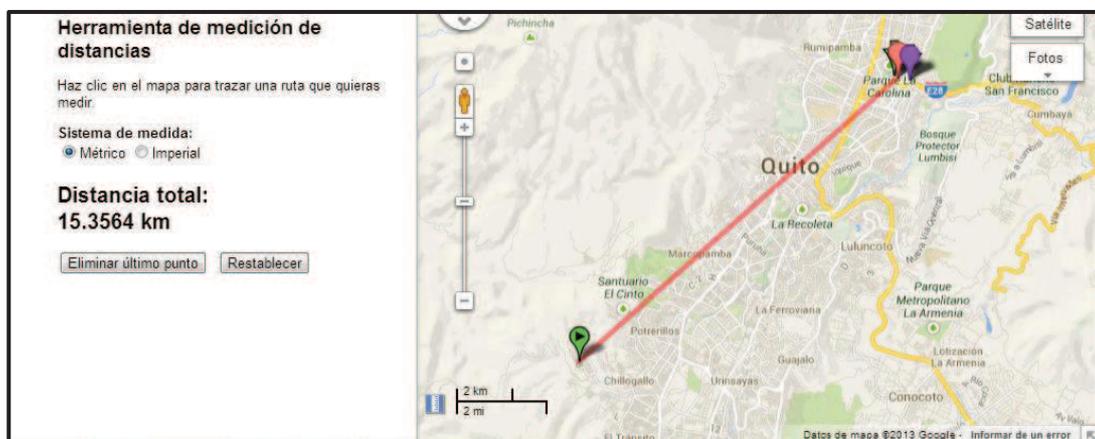
### 3.1.2.13 Punto 13

Para comprobar si en lugares despejados como parques, la recepción de la señal es mejor, acudimos a uno de los parques más grandes de Quito como es el Parque de la Carolina, donde el objetivo era analizar su comportamiento, puesto que se encuentra en plena zona comercial de la Capital, como se observa en la Figura 3-38:



**Figura 3-38** Ubicación geográfica del Punto 13

Dado que se sigue la ruta para determinar exactamente la cobertura de esta transmisión de prueba de radio digital, los puntos de medición son cada vez más alejados del transmisor ubicado en el sur de Quito, en el sector de Chillogallo, motivo por el cual la distancia desde el transmisor hasta el receptor al norte de la ciudad es considerablemente grande, como se aprecia en la Figura 3-39:



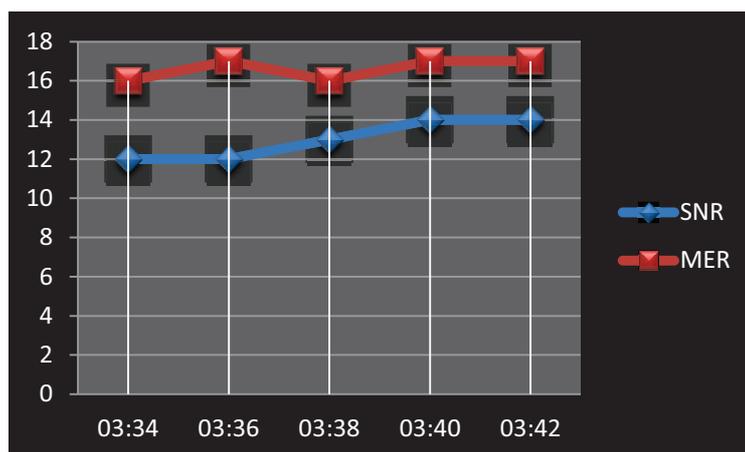
**Figura 3-39** Distancia del Punto de Medición 13 con el Transmisor en Chillogallo

Gracias a la ubicación del parque, el ruido existente en su entorno es elevado, motivo por el cual a la señal le tomó un poco de tiempo estabilizarse, como se puede observar en la Tabla 3-14, los valores de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) se encuentran prácticamente en el umbral que determina si la señal es recibida por el receptor o no, iniciando en 12 dB hasta alcanzar los 14 dB, pero los valores del parámetro MER (*Modulation Error Ratio*) son buenos y prácticamente constantes, teniendo un promedio de 16,6 dB.

**Tabla 3-14** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 13

PUNTO 13: PARQUE LA CAROLINA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	03:34	03:36	03:38	03:40	03:42	
SNR	12 dB	12 dB	13 dB	14 dB	14 dB	13 dB
MER	16 dB	17 dB	16 dB	17 dB	17 dB	16.6 dB
LONGITUD DE ANTENA	media	media	media	media	media	
PERCEPCION DE RUIDO	no tiene señal	poco	poco	no	poco	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no tiene señal	si	si	no	no	

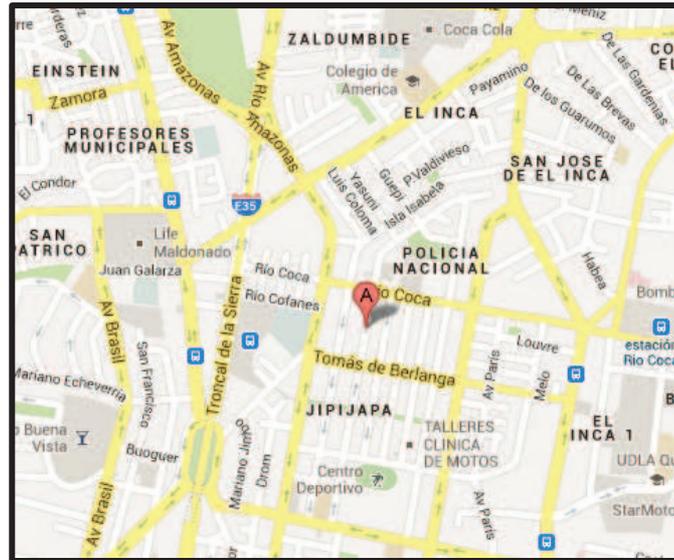
En este caso la relación entre los parámetros cuantitativos que se puede medir sigue siendo muy ligada uno del otro, puesto que a pesar de sus diferencias en valores su tendencia es muy similar, como se analiza en la Figura 3-40.



**Figura 3-40** Gráfica de SNR y MER del Punto 13

#### 3.1.2.14 Punto 14

Ahora se pretende analizar la recepción de la señal cada vez más alejada del transmisor, y en un lugar donde el ruido es alto, como lo es en el sector de la Plaza de Toros de Quito, como se observa, su ubicación exacta gracias a la herramienta en línea Google Maps en la Figura 3-41, la medición se realizó en la mitad de dos avenidas principales como son: la Av. Río Coca y la Av. Tomás de Berlanga.



**Figura 3-41** Ubicación geográfica del Punto 14

Como se observa en el mapa generado en Google Maps en la Figura 3-42, la señal tiene que viajar desde Chillogallo, pasando por el obstáculo muy grande del Panecillo y recorriendo una distancia considerable hasta llegar al sector de la Plaza de Toros



**Figura 3-42** Distancia del Punto de Medición 14 con el Transmisor en Chillogallo

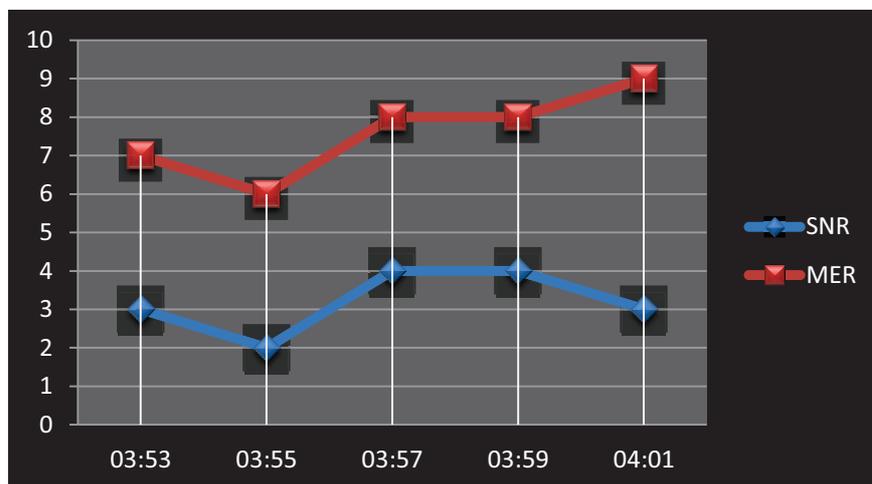
Debido al camino que debe recorrer la señal de radio digital hasta llegar al receptor, los parámetros cuantitativos presentaron valores muy bajos del umbral donde es aceptable la señal, para ser escuchada con la calidad del estándar,

donde en promedio los valores de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) fue de 3,2 dB y del MER (*Modulation Error Ratio*) fue de 7,6 dB.

**Tabla 3-15** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 14

	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
<b>PUNTO 14: PLAZA DE TOROS</b>						
<b>HORA</b>	03:53	03:55	03:57	03:59	04:01	
<b>SNR</b>	3 dB	2 dB	4 dB	4 dB	3 dB	3.2 dB
<b>MER</b>	7 dB	6 dB	8 dB	8 dB	9 dB	7.6 dB
<b>LONGITUD DE ANTENA</b>	máxima	máxima	máxima	máxima	máxima	
<b>PERCEPCION DE RUIDO</b>	NO SE RECEPTA SEÑAL					
<b>PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL</b>	NO SE RECEPTA SEÑAL					

A pesar de la mala recepción de la señal en este punto de medición, la relación se sigue manteniendo a pesar de la diferencia entre los valores tanto de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del MER (*Modulation Error Ratio*) como se observa en la Figura 3-43, si bien la señal nunca se pudo estabilizar aunque la antena del receptor se encontraba en su longitud máxima, la tendencia de la gráfica de estos dos parámetros es la misma como en los anteriores casos.

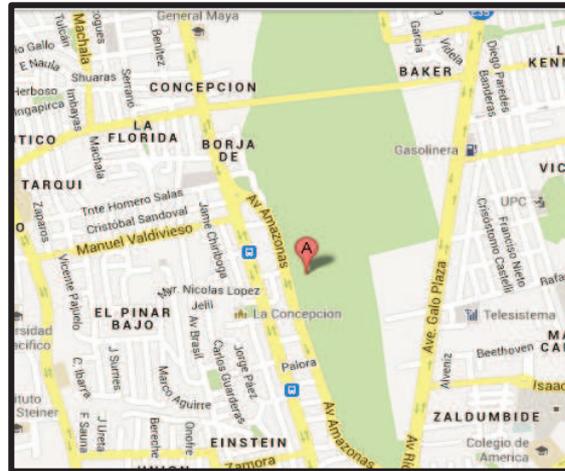


**Figura 3-43** Gráfica de SNR y MER del Punto 14

### 3.1.2.15 Punto 15

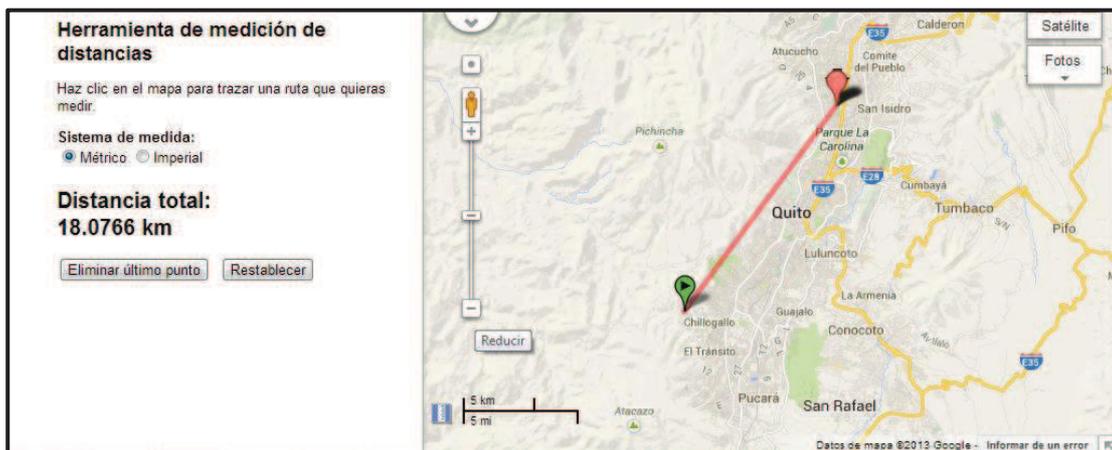
Con la intención de llegar cada vez más alejados del transmisor hasta llegar al límite de cobertura de esta señal de radio digital de prueba, el punto siguiente de

medición se encontraba en el nuevo parque de la Ciudad Capital, el Parque Bicentenario, ubicado como se puede observar en la Figura 3-44 en el sector del antiguo aeropuerto de Quito



**Figura 3-44** Ubicación geográfica del Punto 15

Este punto de medición se encuentra muy alejado del transmisor, como consecuencia la señal llega debilitada, tanto por la distancia como por todos los obstáculos que debe superar para seguir con su recorrido, desde el sector de Chillogallo hasta el Parque Bicentenario, como se observa en la Figura 3-45:



**Figura 3-45** Distancia del Punto de Medición 15 con el Transmisor en Chillogallo

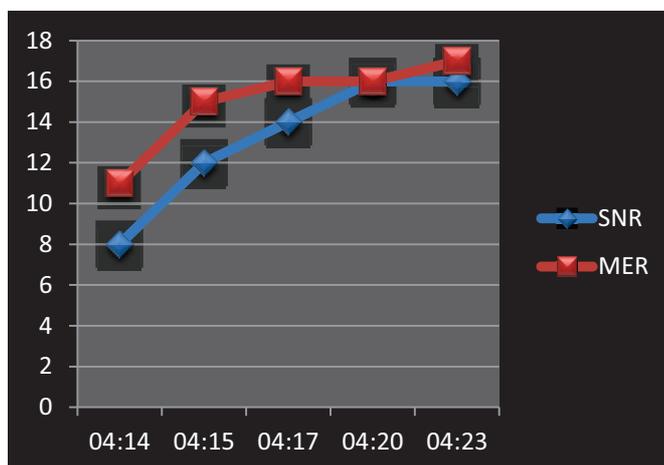
Importante fue observar como la señal de radio digital pudo superar todos los problemas de distancia y obstáculos, obteniendo una señal receptada de buenas cualidades, logrando estabilizarse de manera muy rápida, teniendo una

percepción de un poco de ruido, y los valores de los parámetros de SNR (*Signal to Noise Ratio*) y de MER (*Modulation Error Ratio*) cada vez eran mejores con el pasar del tiempo, tal como se indica en la Tabla 3-16:

**Tabla 3-16** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 15

PUNTO 15: PARQUE BICENTENARIO	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	04:14	04:15	04:17	04:20	04:23	
SNR	8 dB	12 dB	14 dB	16 dB	16 dB	13.2 dB
MER	11 dB	15 dB	16 dB	16 dB	17 dB	15 dB
LONGITUD DE ANTENA	máxima	máxima	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	no se oye señal	poco	no	poco	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no se oye señal	no	se reinicio	si	no	

Para comprobar de la misma manera que en anteriores puntos, se graficó los parámetros tanto de SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del MER (*Modulation Error Ratio*) y se observa en la Figura 3-46, una recuperación rápida de los valores y su tendencia totalmente similar.



**Figura 3-46** Gráfica de SNR y MER del Punto 15

### 3.1.2.16 Punto 16

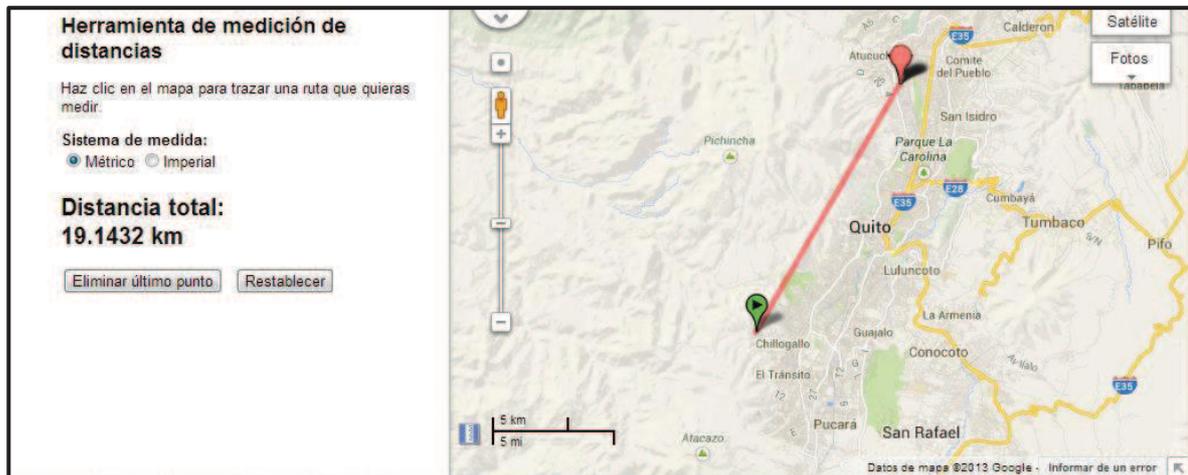
Debido a que una de las intenciones de las pruebas es verificar los límites de cobertura de la señal, tanto a lo largo como a lo ancho de la ciudad, el punto de

medición se desplazó al occidente de la ciudad hasta llegar al sector de San Carlos en el Parque Inglés, como se puede observar su ubicación en el mapa de Google plasmado en la Figura 3-47, donde este parque se encuentra en plena zona residencial, rodeado de altos edificios y con abundante arboleda.



**Figura 3-47** Ubicación geográfica del Punto 16

Analizando el mapa que se encuentra a continuación en la Figura 3-48, la distancia entre el transmisor en Chillolgallo y el receptor en San Carlos es grande, pero la señal no tiene que superar el obstáculo del Panecillo, por lo que se pensaría que se podría tener una buena recepción.



**Figura 3-48** Distancia del Punto de Medición 16 con el Transmisor en Chillolgallo

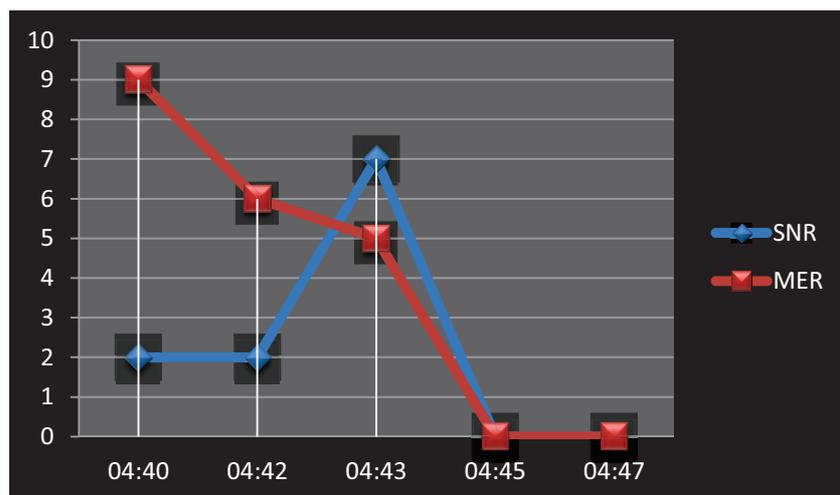
Tomando en cuenta las anteriores consideraciones de distancia y obstáculos, los valores de recepción de la señal no fueron aceptables, esto se debe a que en lugares totalmente urbanos, el ruido y las altas edificaciones, degradan

grandemente a la señal, como se puede ver en la Tabla 3-17 que teniendo la antena del receptor en su longitud máxima, el promedio de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) es de 2,2 dB sin lograr ninguna opción a estabilizarse; y el promedio del MER (*Modulation Error Ratio*) es de 4 dB siguiendo la misma tendencia anterior.

**Tabla 3-17** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 16

PUNTO 16: PARQUE INGLÉS	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	04:40	04:42	04:43	04:45	04:47	
SNR	2 dB	2 dB	7 dB	0 dB	0 dB	2.2 dB
MER	9 dB	6 dB	5 dB	0 dB	0 dB	4 dB
LONGITUD DE ANTENA	máxima	máxima	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	NO SE RECEPTA SEÑAL					
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL						

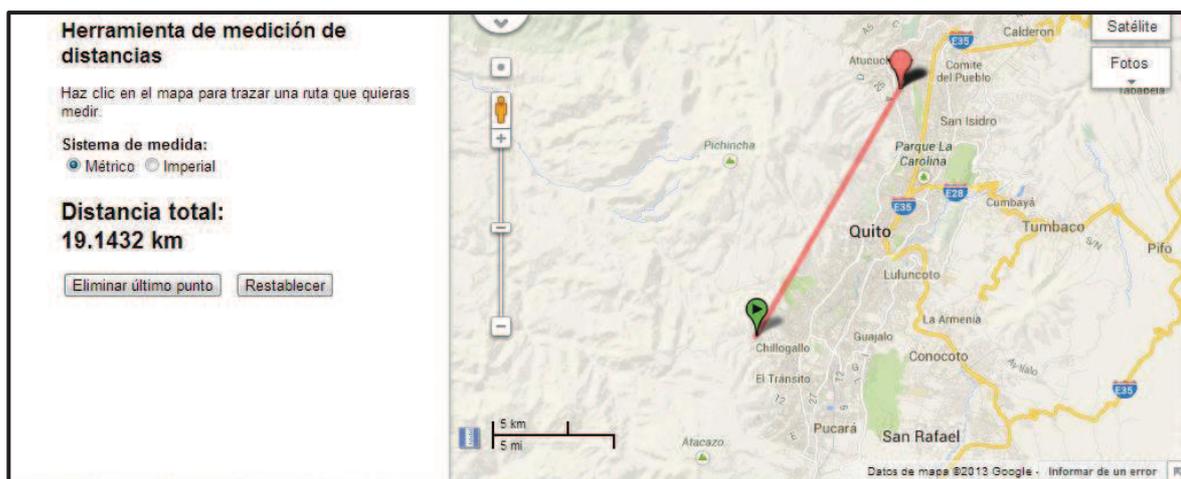
La señal se encontraba tan degradada y totalmente inestable, que al graficar los valores tanto del MER (*Modulation Error Ratio*) como de la SNR (*Signal to Noise Ratio*), no se pudo analizar ningún tipo de similitud en sus tendencias, puesto que la SNR (*Signal to Noise Ratio*) comenzó mejorando sus valores llegando a un pico y degradándose por completo, y por otro lado los valores del MER (*Modulation Error Ratio*) comenzaron en un rango de aproximadamente 9 dB y al pasar los lapsos de mediciones su tendencia siempre fue a degradarse hasta llegar a 0dB.



**Figura 3-49** Gráfica de SNR y MER del Punto 16

### 3.1.2.17 Punto 17

Siguiendo la ruta de verificación de cobertura en los valles aledaños, el siguiente punto como se observa en la Figura 3-50, mapa descargado de Google Maps, fue tomado en el sector de Cumbayá, donde por ser sector urbano el ruido existente es elevado.



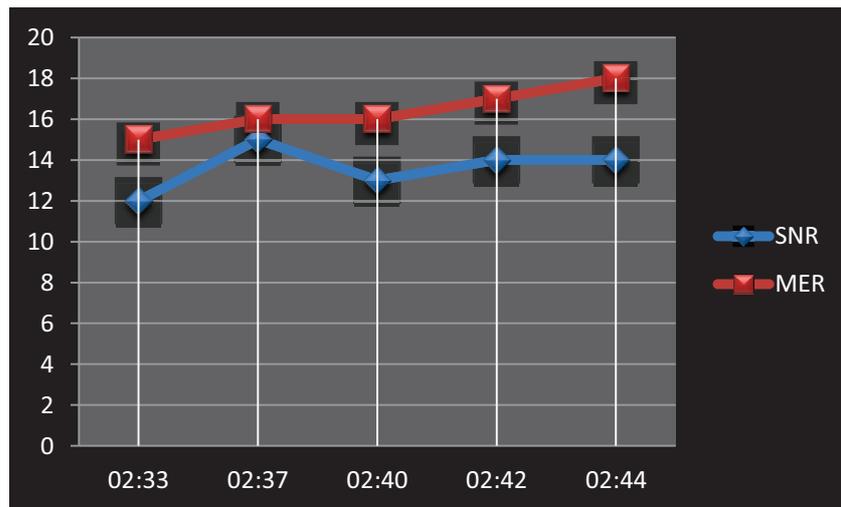
**Figura 3-50** Ubicación geográfica del Punto 17

Aparte del ruido elevado, se debe considerar la distancia alejada desde el transmisor en el sector de Chillogallo hasta el sector de Cumbayá, motivos por los cuales, al inicio no se tenía recepción de señal y se tuvo que esperar un corto intervalo de tiempo para poder tener buena recepción con una longitud de la antena mínima.

**Tabla 3-18** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 17

PUNTO 17: CUMBAYA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	02:33	02:37	02:40	02:42	02:44	
SNR	12 dB	15 dB	13 dB	14 dB	14 dB	13.6 dB
MER	15 dB	16 dB	16 dB	17 dB	18 dB	16.4 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no se oye señal	no	poco	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no se oye señal	no	no	poco	si	

Como se mencionó anteriormente el ruido en este punto de medición se percibía elevado y esto se evidencia al graficar los valores tanto de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) y compararlos con el gráfico de los valores del MER (*Modulation Error Ratio*), ya que el gráfico del MER (*Modulation Error Ratio*) sigue una tendencia ascendente lineal y por otro lado el gráfico de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) tiene altos y bajos hasta llegar a estabilizarse.



**Figura 3-51** Gráfica de SNR y MER del Punto 17

### 3.1.2.18 Punto 18

Siguiendo la ruta hacia el oeste, el siguiente punto de medición de pruebas de radio digital se las realizó en el sector de Oyambarillo, ubicado en la cercanía de Pifo, como se puede observar en la Figura 3-52, la distancia es cada vez más alejado del transmisor y ya no cuenta con vista directa, como se aprecia en la Figura 3-53:

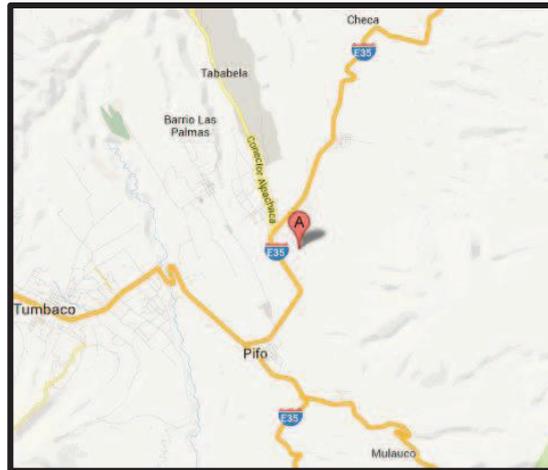


Figura 3-52 Ubicación geográfica del Punto 18



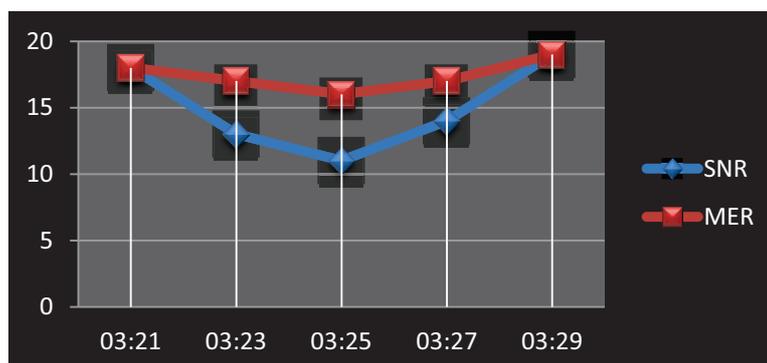
Figura 3-53 Distancia del Punto de Medición 18 con el Transmisor en Chillogallo

Debido a la gran distancia del transmisor hasta Oyambarillo, y que no se presenta evidencia de ruido en este sector, las medidas de los parámetros cuantitativos mostrados en la Tabla 3-19, son aceptables con un promedio de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) de 25 dB y del MER (*Modulation Error Ratio*) de aproximadamente 17 dB, considerando que al momento de que la señal comenzó a disminuir sus medidas, la longitud de la antena del receptor se aumentó de su longitud mínima a su longitud máxima, perdiendo la recepción de la señal en algunas ocasiones.

**Tabla 3-19** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 18

PUNTO 18: OYAMBARILLO CERCA DE PIFO	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	03:21	03:23	03:25	03:27	03:29	
SNR	18 dB	13 dB	11 dB	14 dB	19 dB	15 dB
MER	18 dB	17 dB	16 dB	17 dB	19 dB	17.4 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	máxima	máxima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	poco	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	si	si	no	

Al graficar los valores tanto del MER (*Modulation Error Ratio*) como de la SNR (*Signal to Noise Ratio*), se puede observar en la Figura 3-54, que ambos parámetros siguen la misma tendencia, inician con el mismo valor de 18 dB, descendiendo sus valores hasta el momento que se aumenta la longitud de la antena, donde cambian de tendencia a una ascendente mejorando notablemente los valores de los dos parámetros nombrados.



**Figura 3-54** Gráfica de SNR y MER del Punto 18

### 3.1.2.19 Punto 19

Prosiguiendo con la verificación de la cobertura en los valles en las afueras de Quito, se tomó medidas en el sector de Yaruquí, cerca de la Finca Yaruquí, como se aprecia en la Figura 3-55, punto ubicado aún más al norte y más al oeste del anterior punto, por lo tanto más alejado del transmisor como se observa en la Figura 3-56

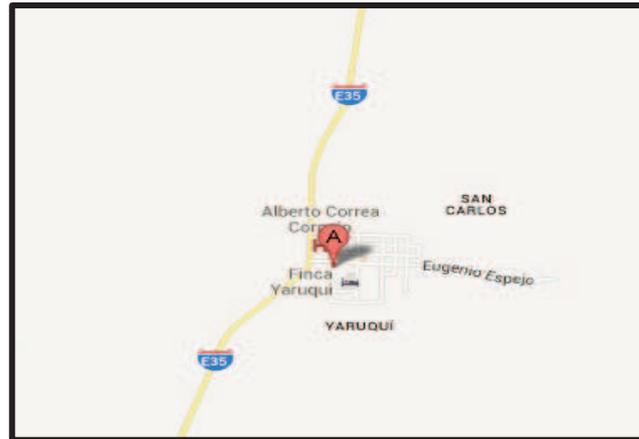


Figura 3-55 Ubicación geográfica del Punto 19

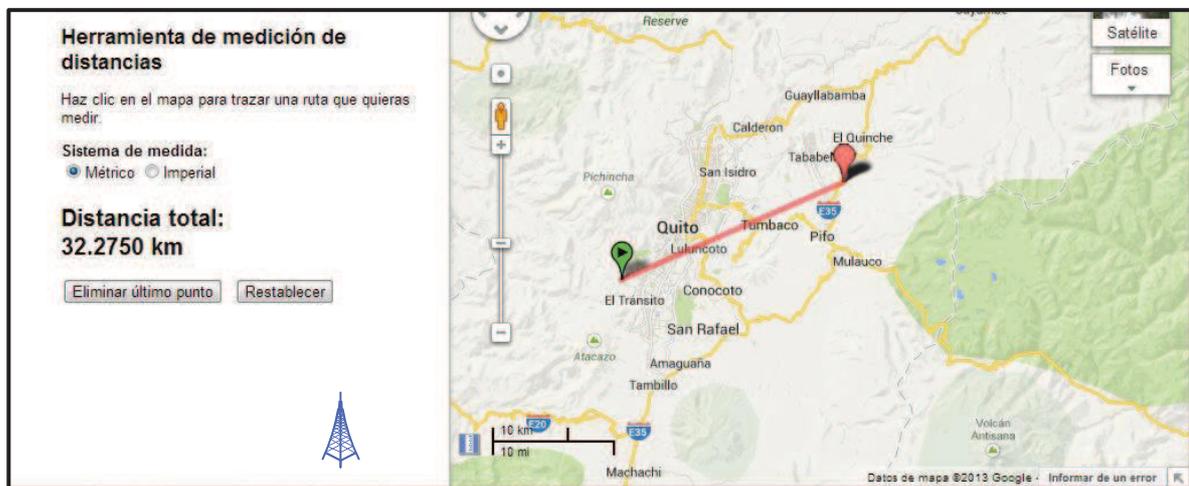


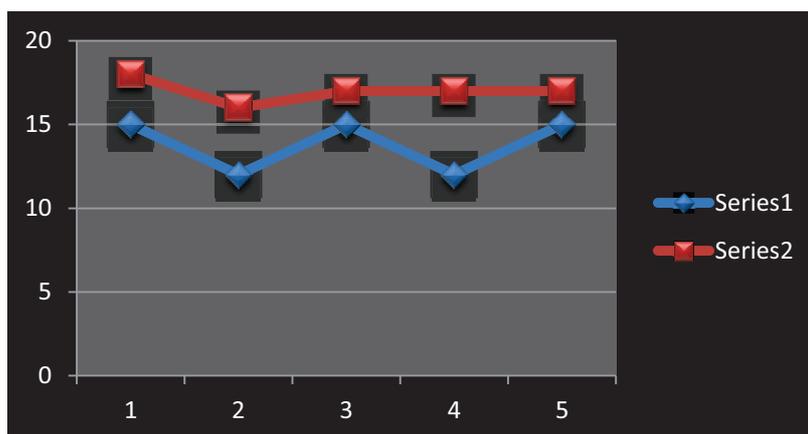
Figura 3-56 Distancia del Punto de Medición 19 con el Transmisor en Chillogallo

En este punto se tuvo una recepción de la señal aceptable a pesar de la presencia del ruido en este sector, este problema se intentó corregir con el aumento de la longitud de la antena, que pasó de mínima a máxima, mejorando así la recepción, eliminando la percepción de ruido y el entrecorte de la señal, los datos promedios se aprecian en la Tabla 3-20, donde indica que la SNR (*Signal to Noise Ratio*) tuvo un valor promedio de 14 dB aproximadamente y el parámetro MER (*Modulation Error Ratio*) tuvo un valor promedio de 17 dB.

**Tabla 3-20** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 19

PUNTO 19: YARUQUI	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	03:43	03:45	03:47	03:49	03:51	
SNR	15 dB	12 dB	15 dB	12 dB	15 dB	13.8 dB
MER	18 dB	16 dB	17 dB	17 dB	17 dB	17 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	media	máxima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	poco	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	intermitente	no	no	no	

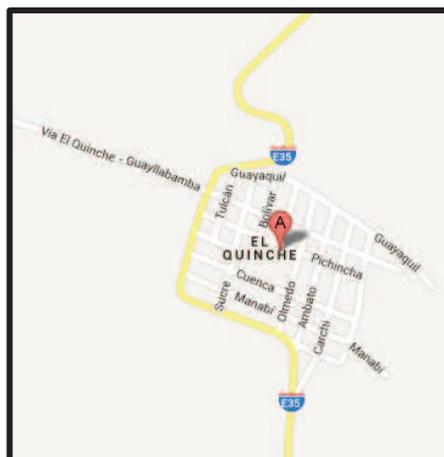
Debido a la presencia de ruido antes mencionada, a la señal le costó estabilizarse, pero a pesar de ello se escuchaba una señal aceptable, al graficar los parámetros cuantitativos se observa en la Figura 3-57, la tendencia es similar de mantenerse constante en un rango de valores en el caso del MER (Modulation Error Ratio) casi constante de 17 dB y en el caso de la SNR (Signal to Noise Ratio) oscila entre 13 dB a 15 dB.



**Figura 3-57** Gráfica de SNR y MER del Punto 19

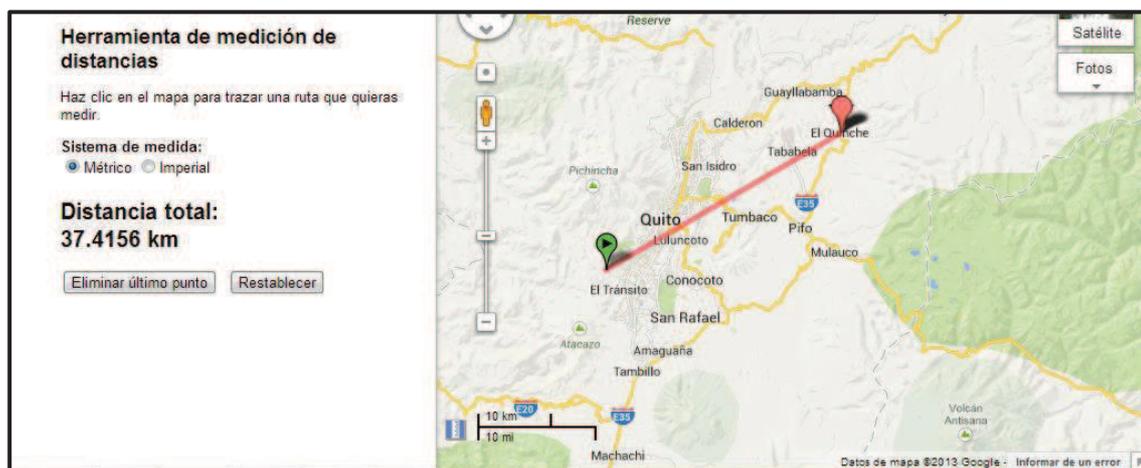
### 3.1.2.20 Punto 20

Según la simulación de la cobertura de la señal de radio digital que se presenta en el siguiente capítulo, el límite de la pisada en el nororiente es en el sector del Quinche, por tal motivo se realizó las respectivas mediciones en este sector como se puede observar en la Figura 3-58



**Figura 3-58** Ubicación geográfica del Punto 20

Este es uno de los puntos más alejados donde se tomaron medidas, entonces es necesario considerar todos los obstáculos que tiene que superar la señal, el desvanecimiento que sufrirá debido a la gran distancia que tiene que viajar, como se observa en la Figura 3-59 desde Chillolgallo donde se encuentra el transmisor hasta el Quinche donde es el punto de pruebas; y también considerar la alta presencia de ruido que se tiene en este sector.



**Figura 3-59** Distancia del Punto de Medición 20 con el Transmisor en Chillolgallo

Tomando en cuenta las condiciones en las que llegará la señal, se tuvo una buena recepción de ésta; puesto que la señal fue clara, limpia y constante como se evidencia en la Tabla 3-21, donde los valores del MER (Modulation Error Ratio)

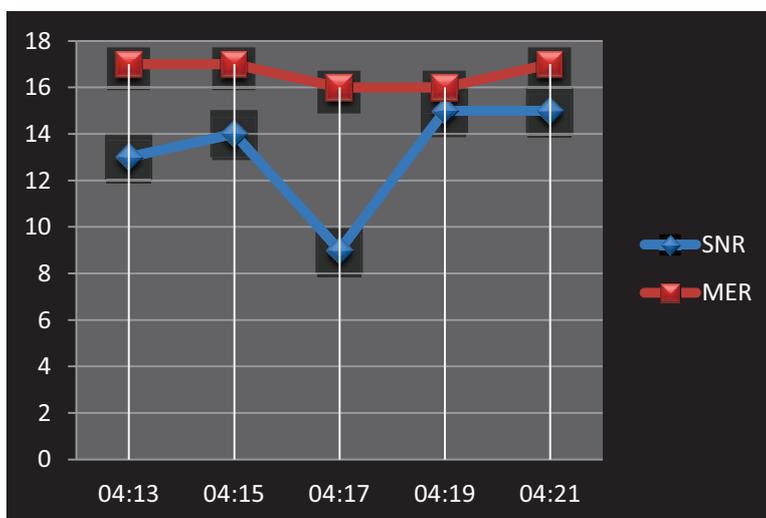
oscilan entre 17 dB y 16 dB, lo que no paso con los valores del SNR (*Signal to Noise Ratio*) donde presenta variaciones considerables por la alta presencia del ruido.

Por problemas en el software el equipo se reinició cuando se medía el valor más bajo de la SNR (*Signal to Noise Ratio*), este problema se puede solventar con una actualización del software que se la descarga de la página web del estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*).

**Tabla 3-21** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 20

PUNTO 20: EL QUINCHE	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	04:13	04:15	04:17	04:19	04:21	
SNR	13 dB	14 dB	9 dB	15 dB	15 dB	13.2 dB
MER	17 dB	17 dB	16 dB	16 dB	17 dB	16.6 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	se reinició	si	no	

Como ya se pudo observar en los anteriores casos, la gráfica de los valores tanto del MER (*Modulation Error Ratio*) como de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) guardan mucha similitud, en este caso su tendencia es la misma como se aprecia en la Figura 3-60, exceptuando el bajón en un valor de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) que provocó la reiniciación del sistema.

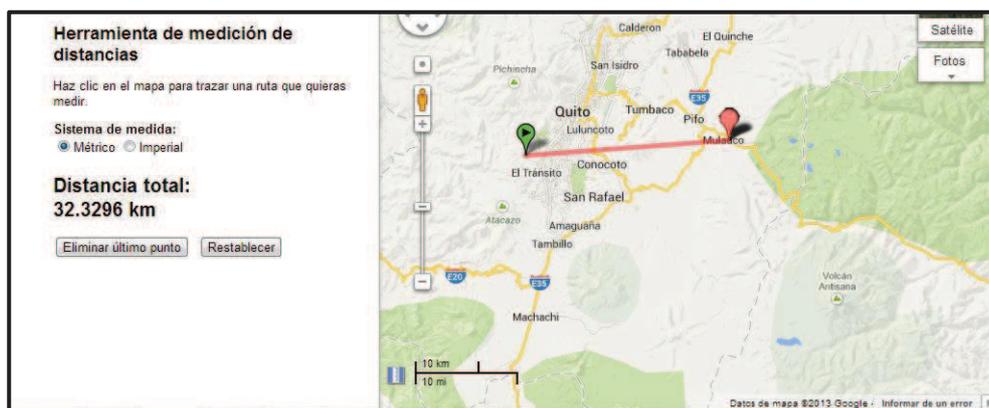


**Figura 3-60** Gráfica de SNR y MER del Punto 20

### 3.1.2.21 Punto 21

Otro de los puntos más alejados y cerca del límite de la pisada de cobertura obtenida en la simulación de la señal de radio digital, es el sector de Papallacta.

Dado que el acceso se complicó en el momento de la medición, los datos fueron tomados en la vía de entrada a este sector como se observa en la Figura 3-61



**Figura 3-61** Ubicación geográfica del Punto 21

Como se observa en la Figura 3-61, la señal es transmitida desde el sector de Chillogallo, desde donde tiene que viajar una gran distancia hacia el oriente, superando la elevación del Ilaló con una altura superior a los 300 m<sup>51</sup>; también viajar por la vegetación que se encuentra a los alrededores de este volcán, por lo que la señal llega muy degradada presentando las características mostradas en la Tabla 3-22.

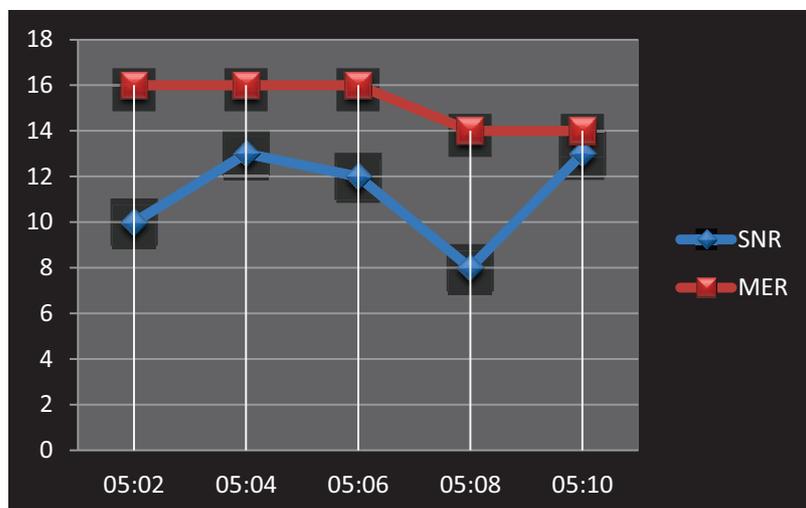
**Tabla 3-22** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 21

PUNTO 21: VIA PAPALLACTA	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	05:02	05:04	05:06	05:08	05:10	
SNR	10 dB	13 dB	12 dB	8 dB	13 dB	11.2 dB
MER	16 dB	16 dB	16 dB	14 dB	14 dB	15.2 dB
LONGITUD DE ANTENA	máxima	máxima	máxima	mínima	máxima	
PERCEPCION DE RUIDO	no se oye señal	poco	no	no se oye señal	no se oye señal	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no se oye señal	intermitente	se reinicia	no se oye señal	no se oye señal	

<sup>51</sup> <http://www.tutiempo.net/Tierra/Ecuador/Cerro-Ilalo-EC007489.html>

A pesar que la longitud de la antena de recepción se encontraba en su máximo, la señal no pudo estabilizarse, puesto que llegó ya muy degradada, motivo por el cual no cumplía con las características requeridas para poder ser escuchada desde el receptor, se tuvo un promedio de 11,2 dB en las mediciones de la SNR (Signal to Noise Ratio) y un promedio de 15,2 dB en los valores del MER (Modulation Error Ratio), por lo que se pudo escuchar la señal de radio digital de manera intermitente, en un corto período de tiempo con la presencia de ruido, después de esto el equipo receptor se reinició y no se volvió a escuchar señal.

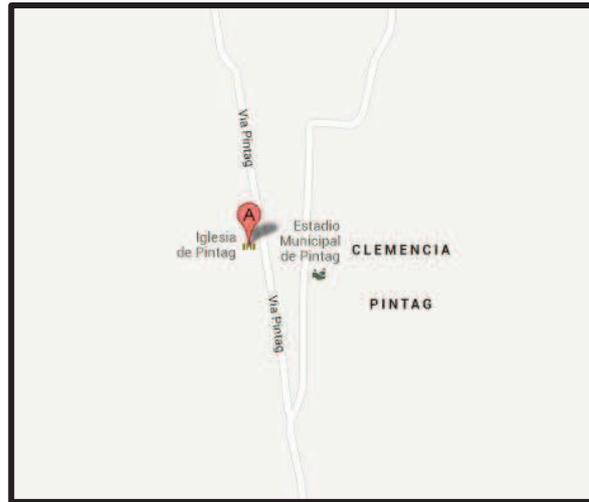
A pesar de las malas cualidades de la señal receptada en este punto de medición la tendencia de las gráficas de los valores tanto de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del MER (*Modulation Error Ratio*) es semejante, a pesar de tener forma diferente, siguen una tendencia ligeramente ascendente como se aprecia en la Figura 3-62.



**Figura 3-62** Gráfica de SNR y MER del Punto 21

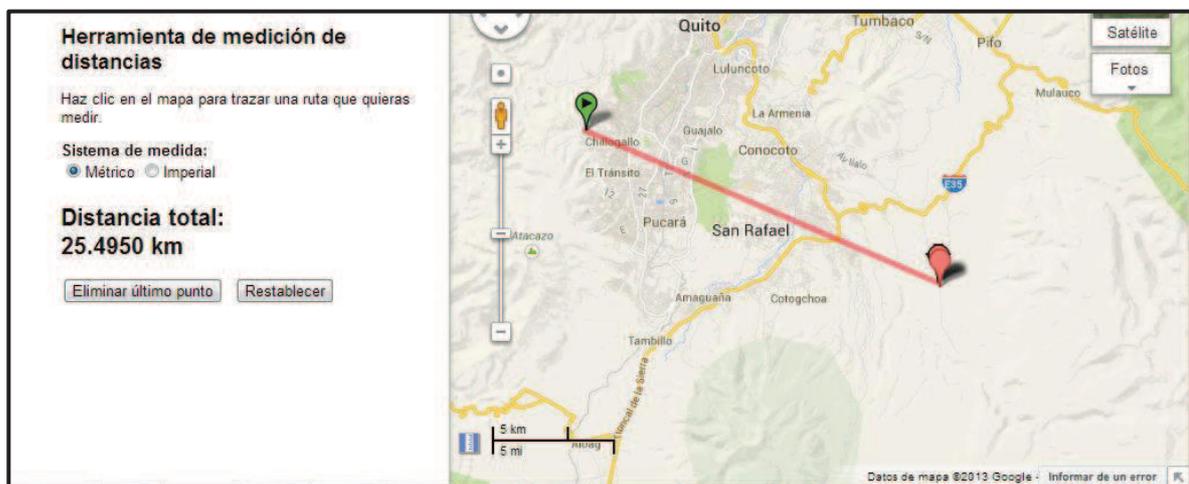
### 3.1.2.22 Punto 22

Siguiendo la ruta de medición hacia el sur, hasta donde las vías de acceso nos permitieron llegar, este punto de medición fue en el sector de Pintag, en las afueras de la iglesia de este sector, como se observa en la Figura 3-63.



**Figura 3-63** Ubicación geográfica del Punto 22

La distancia entre el transmisor en Chillogallo y el receptor en el sector de Pintag es menor que los dos anteriores puntos de medición, como se aprecia en la Figura 3-64. También se puede mencionar que en este caso la señal no tiene que superar grandes obstáculos ni viajar por espesa vegetación lo que ayuda a que la señal no llegue degradada hasta su punto de recepción.



**Figura 3-64** Distancia del Punto de Medición 22 con el Transmisor en Chillogallo

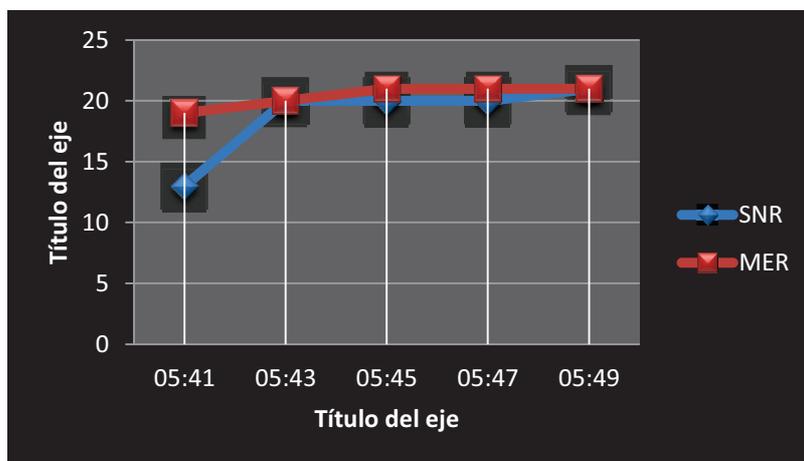
Como se observa en la Tabla 3-23 la recepción fue con éxito, llegando a estabilizarse la señal de manera muy rápida, presentando valores constantes entre 20 dB y 21 dB tanto en el parámetro de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del

MER (*Modulation Error Ratio*), obteniendo la recepción con la longitud mínima de la antena, sin presencia de ruido ni entrecortes de la señal.

**Tabla 3-23** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 22

PUNTO 22: PINTAG	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	05:41	05:43	05:45	05:47	05:49	
SNR	13 dB	20 dB	20 dB	20 dB	21 dB	18.8 dB
MER	19 dB	20 dB	21 dB	21 dB	21 dB	20.4 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	no	no	no	

Debido a la buena recepción las gráficas de los valores del MER (*Modulation Error Ratio*) y de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) son prácticamente iguales desde que se estabiliza la señal de manera casi inmediata, como se observa en la Figura 3-65, no presenta bajones en sus valores por lo que esta fue una de las mediciones más exitosas que se tuvo en esta ruta.



**Figura 3-65** Gráfica de SNR y MER del Punto 22

### 3.1.2.23 Punto 23

Para seguir verificando la cobertura de la señal transmitida en formato digital DRM en los valles aledaños a la ciudad de Quito, en este caso se realizó la medición en el sector de Capelo, como se puede observar en la Figura 3-66, descargada de Google Maps.

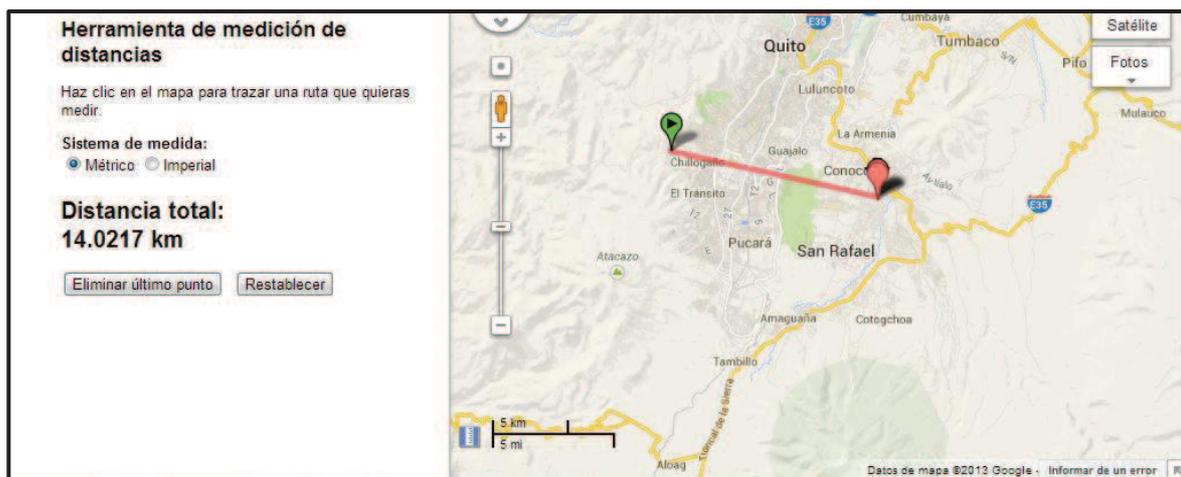


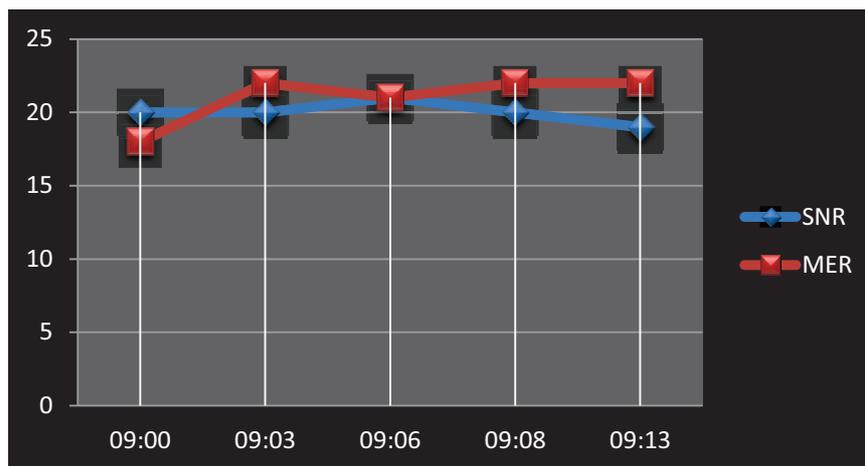
Figura 3-66 Ubicación geográfica del Punto 23

La ventaja de este punto es su vista directa con el transmisor, por lo que las medidas de los parámetros son muy buenas, con un promedio de aproximadamente 20 dB y la calidad en sí de la señal escuchada es muy buena.

Tabla 3-24 Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 23

PUNTO 23: CAPELO	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	09:00	09:03	09:06	09:08	09:13	
SNR	20 dB	20 dB	21 dB	20 dB	19 dB	20 dB
MER	18 dB	22 dB	21 dB	22 dB	22 dB	21 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	no	no	no	

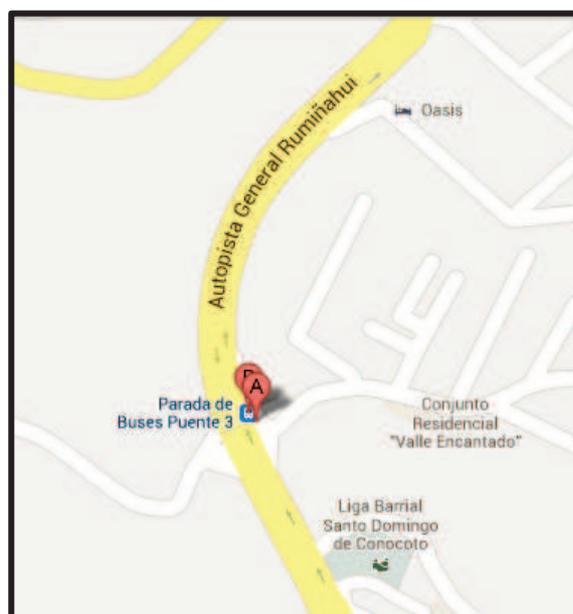
Puesto a la buena recepción de la señal, se evidencia la estabilidad de la misma ya que los valores de los parámetros son casi constantes como se puede apreciar en la Figura 3-67 ubicándose estos parámetros en un valor alrededor de 20 dB.



**Figura 3-67** Gráfica de SNR y MER del Punto 23

#### 3.1.2.24 Punto 24

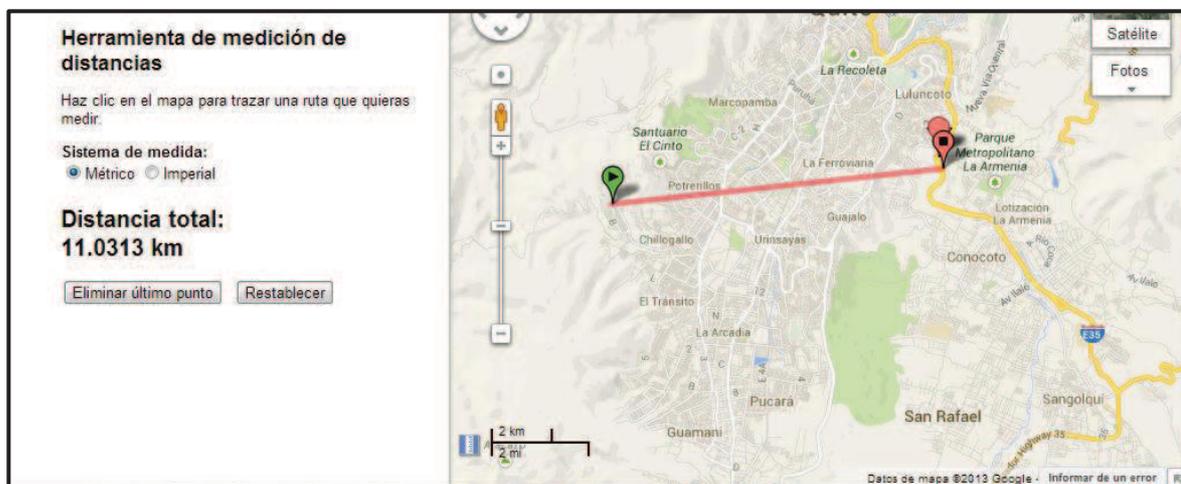
Para terminar con la planificación de los puntos de medición y con el objetivo de haber tomado mediciones en las más diversas situaciones posibles dentro de la ciudad de Quito y en sus alrededores, se tomó la última medición en la Autopista Rumiñahui, como se observa en la Figura 3-68 exactamente en el Puente Tres.



**Figura 3-68** Ubicación geográfica del Punto 24

La buena ubicación de este punto de medición hace que la recepción de la señal de radio digital sea muy buena, puesto que tiene vista directa con el transmisor

ubicado en el sector de Chillogallo como se puede apreciar en la Figura 3-69; y también la señal llega con buenas características porque no tiene que viajar una distancia muy grande como acontecía en anteriores mediciones.



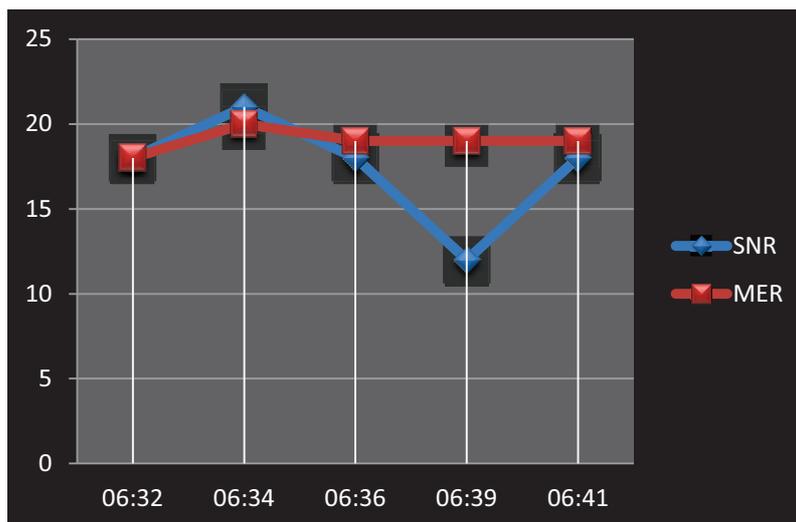
**Figura 3-69** Distancia del Punto de Medición 24 con el Transmisor en Chillogallo

Las cualidades de la señal fueron las mejores ya que se pudo percibir una señal limpia, sin la presencia de ruido, sin entrecortes. En los parámetros cuantitativos de igual forma los valores se presentan muy robustos tomando con la antena de recepción en su longitud mínima.

**Tabla 3-25** Medidas cualitativas y cuantitativas del Punto 24

PUNTO 24: PUENTE TRES	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5	PROMEDIO
HORA	06:32	06:34	06:36	06:39	06:41	
SNR	18 dB	21 dB	18 dB	12 dB	18 dB	17.4 dB
MER	18 dB	20 dB	19 dB	19 dB	19 dB	19 dB
LONGITUD DE ANTENA	mínima	mínima	mínima	mínima	mínima	
PERCEPCION DE RUIDO	no	no	no	no	no	
PERCEPCION PERDIDA DE SEÑAL	no	no	no	no	no	

Gracias a las gráficas de los valores de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) que se muestra en la Figura 3-70 se puede analizar que sí se tiene presencia de ruido aunque fue transparente al momento de evaluar cualitativamente a la señal, de igual forma se puede analizar que los valores del MER (*Modulation Error Ratio*) se presentan constantes y estables.



**Figura 3-70** Gráfica de SNR y MER del Punto 24

Como resumen de las pruebas de cobertura se presenta en la siguiente tabla los valores promedios tomados tanto del parámetro de la SNR (*Signal to Noise Ratio*) como del MER (*Modulation Error Ratio*) y la percepción de calidad de la señal.

**Tabla 3-26** Resumen de las pruebas de cobertura

PUNTO	UBICACIÓN	PROMEDIO SNR	PROMEDIO MER	CALIDAD DE LA SEÑAL
PUNTO 1	FUNDEPORTE	17.8 dB	19.4 dB	EXCELENTE
PUNTO 2	GUAMANI	8.6 dB	15.2 dB	BUENA
PUNTO 3	INIAP	7.6 dB	14.8 dB	REGULAR
PUNTO 4	TAMBILLO	3.2 dB	7.8 dB	NO SE RECEPTA SEÑAL
PUNTO 5	ALOAG	0 dB	0 dB	NO SE RECEPTA SEÑAL
PUNTO 6	SIMON BOLIVAR ALTURA PARQUE METROPOLITANO DEL SUR (SAN MARTIN DE PORRAS)	4.2 dB	10.4 dB	MALA
PUNTO 7	SIMON BOLIVAR A LA ALTURA DEL PUENTE DE GUAJALO	22.2 dB	21.2 dB	BUENA
PUNTO 8	PARQUE LINEAL DE SOLANDA	13.4 dB	16.2 dB	BUENA
PUNTO 9	LA VILLAFLOA RODRIGO DE CHAVEZ	13.4 dB	17 dB	EXCELENTE
PUNTO 10	LA BASILICA	9.6 dB	13 dB	REGULAR
PUNTO 11	ITCHIMBIA	15.2 dB	17.4 dB	EXCELENTE

PUNTO	UBICACIÓN	PROMEDIO SNR	PROMEDIO MER	CALIDAD DE LA SEÑAL
PUNTO 12	BELLAVISTA	7 dB	13.2 dB	NO SE RECEPTA SEÑAL
PUNTO 13	PARQUE LA CAROLINA	13 dB	16.6 dB	BUENA
PUNTO 14	PLAZA DE TOROS	3.2 dB	7.6 dB	NO SE RECEPTA SEÑAL
PUNTO 15	PARQUE BICENTENARIO	13.2 dB	15 dB	REGULAR
PUNTO 16	PARQUE INGLÉS	2.2 dB	4 dB	NO SE RECEPTA SEÑAL
PUNTO 17	CAPELO	20 dB	21 dB	EXCELENTE
PUNTO 18	CUMBAYA	13.6 dB	16.4 dB	BUENA
PUNTO 19	OYAMBARILLO CERCA DE PIFO	15 dB	17.4 dB	BUENA
PUNTO 20	YARUQUI	13.8 dB	17 dB	BUENA
PUNTO 21	EL QUINCHE	13.2 dB	16.6 dB	BUENA
PUNTO 22	VIA PAPALLACTA	11.2 dB	15.2 dB	REGULAR
PUNTO 23	PINTAG	18.8 dB	20.4 dB	EXCELENTE
PUNTO 24	PUNTE TRES	17.4 dB	19 dB	EXCELENTE

Con este análisis técnico se comprueba que con una potencia mínima de 1 KW se puede obtener una amplia cobertura transmitiendo la señal de radio digital desde el sur de la ciudad de Quito en el sector de Chillogallo, con un radio menor al simulado ya que al tomar las medidas en los bordes de la cobertura, la señal presentaba valores no aceptables en ciertas ocasiones.

También dentro de la ciudad de Quito se visualizó gracias a este estudio técnico algunas zonas de sombra, que se podría corregir de algunas maneras como aumentando la potencia del transmisor, cambiando la ubicación del transmisor, o colocando repetidores en puntos estratégicos para cubrir estas zonas de sombra.

Otro inconveniente presentado es la reiniciación del receptor, esto se puede corregir con una actualización del software bajado desde la página web del estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*) para solventar esta dificultad.

No cabe duda que la calidad escuchada de la señal de radio digital AM (Amplitud Modulada) en las diferentes mediciones es muy superior a la calidad escuchada en la tradicional señal analógica en la banda AM (Amplitud Modulada), en el caso

de aceptar este estándar para la migración de tecnología, solo se debería solventar de manera sencilla los problemas antes mencionados para tener una recepción continua, limpia y libre de ruido.

### 3.2 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO

El estudio socio económico pretende conocer la disposición de la ciudadanía de Quito al cambio de tecnología de la tradicional radio analógica a radio digital, este estudio se realizará mediante encuestas efectuadas, tanto a usuarios de radio en la ciudad de Quito, como a representantes de las radioemisoras en la banda de AM (Amplitud Modulada) de Quito, ya que son sectores claves que harán realidad la migración de radio analógica a radio digital con el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*).

Las encuestas para una muestra de los oyentes, fueron hechas por vía telefónica en la ciudad de Quito, y el segundo tipo de encuestas dirigido a las radio emisoras fue realizada, tanto por visitas a radios como también vía telefónica, de igual manera dentro de Quito.

Para el caso de los oyentes donde la población es grande, se aplica la fórmula de población finita, tomando en cuenta ciertos parámetros para obtener una muestra que represente de la mejor manera a toda población quiteña teniendo el menor error posible.

Para el cálculo de la muestra se tomó el método aleatorio simple, con el cual sencillamente se toma una muestra de una población, donde cada individuo tiene una probabilidad de inclusión por igual, para la aplicación de este método solo se necesita como dato el número de integrantes de la población, y los otros parámetros se definen según el criterio y objetivo de las encuestas.<sup>52</sup>

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

**Ecuación 3.1**Muestreo de población finita<sup>53</sup>

<sup>52</sup> Valledor M\*. Carreira JMF, **METODOLOGÍA DE MUESTREO**

<sup>53</sup> Valledor M\*. Carreira JMF, **METODOLOGÍA DE MUESTREO**

Dónde:<sup>54</sup>

**N:** es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

**k:** es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos, los valores que podemos tomar son los que se encuentran en la Tabla 3-27:

**Tabla 3-27** Valores de Nivel de Confianza de la muestra<sup>55</sup>

k	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

**e:** es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber, entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población, y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella

**p:** es la proporción de individuos que poseen en la población, la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura.

**q:** es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .

**n:** es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

Ya que se desea obtener una muestra que represente de la manera más cercana a la realidad, se tomó los siguientes datos y parámetros.

Para el primer tipo de encuestas dirigido para los oyentes de radio se tomó en cuenta los siguientes valores para cada parámetro a fin de calcular una muestra de la población de Quito:

<sup>54</sup> <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculador.html>

<sup>55</sup> <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculador.html>

N: De acuerdo al INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) la población de Quito es 2'239,191 personas

k: empíricamente, en los textos se encuentra que el valor de 2,58 es usado para tener un nivel de confianza del 99% en la muestra

e: tomamos como un error real del 5% que tendríamos en la realización de las encuestas a la muestra del resultado que tendríamos si las encuestas se realizaría a toda la población.

p: como opción más segura tomada de algunos documentos, se tomó este parámetro como 0,5

q: es  $1-p = 1-0,5=0,5$

Reemplazando estos valores a la fórmula para muestreo tendríamos lo siguiente:

$$n = \frac{(2,58)^2 * (0,5) * (0,5) * 2'239,191}{((0,05)^2 * (2'239,191 - 1)) + (2,58)^2 * (0,5) * (0,5)}$$

**Ecuación 3.2** Ecuación de muestreo con los parámetros más óptimos

Teniendo un resultado del tamaño de la muestra para Quito de:

$$n = 665 \text{ Personas}$$

Y para el segundo tipo de encuestas dirigido a las radioemisoras se tomó en cuenta que la población es muy pequeña por lo tanto se realizará las encuestas a toda la población de las radioemisoras, que según la página web de la Superintendencia de Telecomunicaciones existen 38 radioemisoras en la banda AM (Amplitud Modulada) en Quito.

Determinada la muestra se procede a realizar dos tipos de encuestas, una encuesta apuntada a los oyentes de radio y la otra encuesta dirigida a las radioemisoras.

Las preguntas de estas encuestas se enfocaron a dos objetivos específicos, que se desea conocer, el primero es el impacto social que tendría la migración de radio analógica a radio digital y el segundo aspecto es sobre la capacidad y disposición adquisitiva que tendrán tanto los oyentes como las radioemisoras, ya que son dos protagonistas claves en esta transición de tecnología.

El primer componente de cada encuesta se enfoca al aspecto social, tiene como propósito conocer la actitud de los usuarios y radioemisoras respecto a la nueva tecnología digital de radio en la banda AM (Amplitud Modulada), también mostrará el nivel de conocimiento que tiene la población en cuanto a esta tecnología y cuáles serán sus expectativas de una posible migración.

El segundo componente como su nombre lo explica se enfoca en lo económico, se desea conocer cuál es la disposición que tienen tanto los oyentes a comprar nuevos receptores de radio, ya que con el estándar DRM (Digital Radio Mondiale) se debe comprar receptores totalmente nuevos, como la disposición de las radioemisoras de comprar nuevos componentes para poder transmitir de manera digital y cuáles serían sus réditos con este cambio.

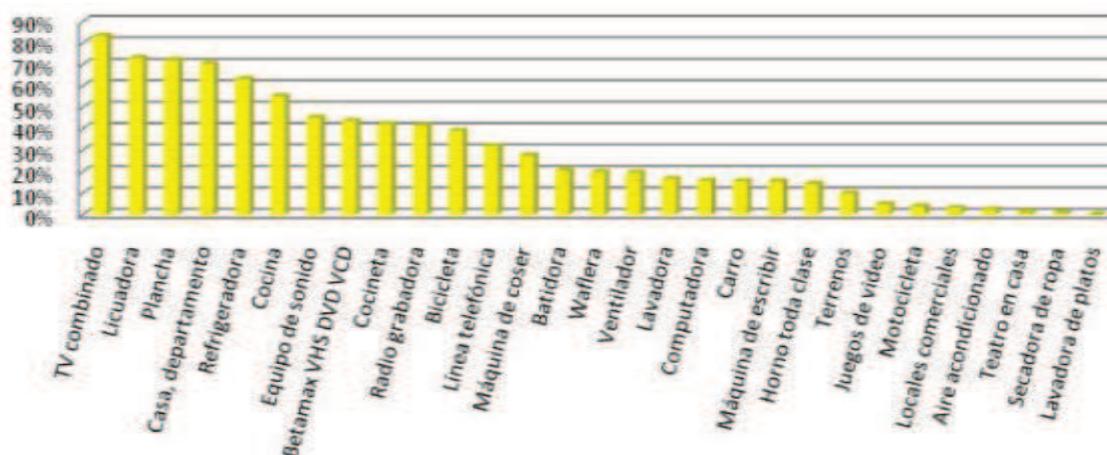
Uno de los espacios más beneficiados con esta transición de tecnología será la zona de las afueras de Quito, ya que existen comunidades a las que no llega ningún canal de comunicación como televisión, internet, telefonía; solo llega este tipo de radio en la banda AM ya que por sus características de propagación con esta frecuencia la señal puede llegar a lugares lejanos. Cabe mencionar también que en esta banda se encuentran muchos programas comunitarios y educativos que se verían muy favorecidos y ayudados con todos los atributos que conlleva la transmisión de señales digitales.

Una de las características que resalta en este medio de transmisión de información es su bajo costo ya que solo es necesario la compra de un aparato receptor y no se paga por el servicio de recibir la señal y toda la información que llega con ella, pero por la mala calidad de la señal receptada en la banda AM (Amplitud Modulada), ha perdido posicionamiento respecto a la banda FM (Frecuencia Modulada), donde la calidad es mejor y por ello la atención tanto de radioemisoras como de oyentes se ha centrado en esta, por ello la necesidad de

este cambio de tecnología para que no desaparezca la transmisión de radio en la banda AM (Amplitud Modulada).

### 3.2.1 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO A LA POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE QUITO

Según la encuesta realizada por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) llamada “La Encuesta de Condiciones de Vida 2005-2006” indica que la radio ocupa el séptimo lugar de elementos básicos de su equipamiento como se puede ver en el siguiente Gráfico 3-1:



**Gráfico 3-1** Elementos básicos de equipamiento en un hogar<sup>56</sup>

Se puede observar que a pesar del paso del tiempo y del adelanto de la tecnología de otros equipos, la radio todavía tiene un puesto importante en los elementos básicos de un hogar, por lo que su influencia es todavía prioritaria.

Para determinar el hecho de que la migración puede ser un éxito o un fracaso en nuestro país, se elabora una lista de preguntas, que se encuentra en el Anexo IV, donde la primera interrogante es saber, cuál es el medio de comunicación más utilizado por la ciudadanía, como se observa en el Gráfico 3-2, se puede concluir que, como era de esperarse, en primer lugar se encuentra la televisión con casi el 50%, en segundo lugar está la radio con aproximadamente el 25% de los

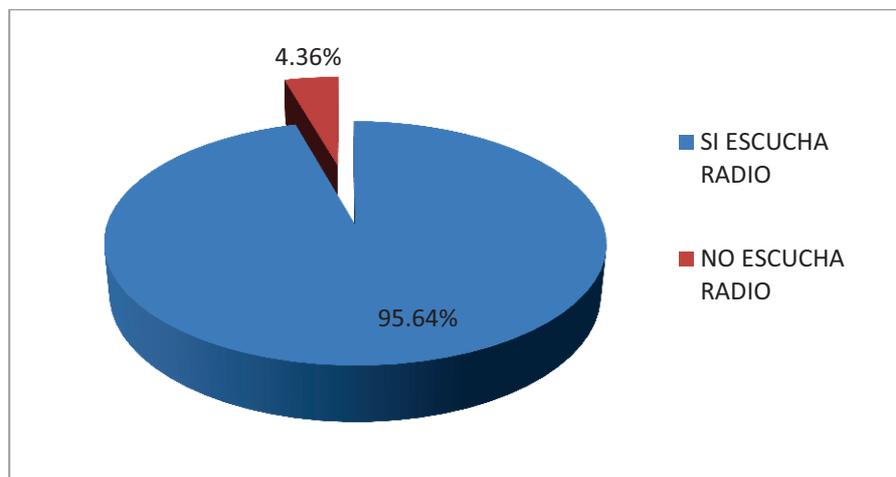
<sup>56</sup>INEC, Encuesta de Condiciones de Vida 2005-2006

encuestados, lo que hace notar que la inversión en un cambio de tecnología para usar de mejor manera el espectro que se encuentra desperdiciado en la banda AM (Amplitud Modulada) será de mucho beneficio, tanto para usuarios como para radio emisoras y para el estado, ya que se aprovechará de mejor manera los recursos naturales; en tercer lugar está al internet con cerca del 20%, este dato también llama mucho la atención ya que seguramente hace algunos años la manera de comunicación era diferente porque el internet y la tecnología no estaban al alcance de todas las personas, se puede concluir también que la migración de tecnología ahora para las personas, ya no es un tema ajeno ni complicado, puesto que al poder conocer y experimentar las mejoras y beneficios que se obtiene con el cambio de tecnología, la población dará el paso con mayor facilidad. Por último en el 5% que falta de preferencias se tiene a los diarios o a las personas que no tienen preferencias por ningún medio de comunicación.



**Gráfico 3-2** Medios de comunicación preferidos por la Ciudadanía Quiteña.

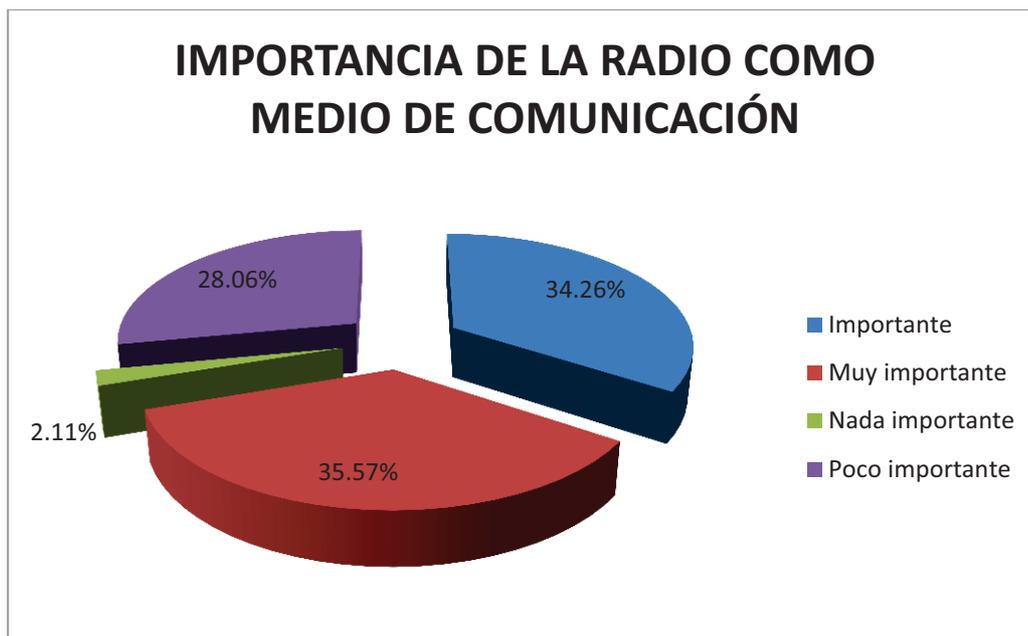
Siguiendo con la encuesta, la segunda pregunta para los radio escuchas, es si la radio es parte en su rutina diaria, donde se determinó que el 95.64% de la población escucha radio, independientemente de que si dedican también tiempo a otro medio de comunicación, como se puede observar en el Gráfico 3-3. Este dato es muy importante y es una de los principales respaldos que incentivó para realizar este estudio de migración de tecnología, ya que con este cambio y con todos, los atributos que conllevaría se podrá beneficiar a la mayoría de la población.



**Gráfico 3-3** Porcentaje de la población que escucha o no Radio.

Un factor de relevancia es el conocer cuán importante es en la vida de las personas la radio, para lo cual se plantea la pregunta, ¿Considera importante a la radio como medio de comunicación?, donde las dos terceras partes de la población considera que la radio es importante y muy importante en sus vidas, teniendo solo una tercera parte aproximadamente que considera que la radio es poco o nada importante. Esta cifra se puede atribuir a que la radio es un medio de comunicación muy versátil puesto que no se necesita dejar de realizar tareas para poner atención a la programación radial, se tiene además la facilidad de escucharla, tanto en el hogar u oficina como en un automóvil, en el transporte público, en dispositivos móviles, en internet, en centros comerciales, etc.

Como se puede observar en el Gráfico 3-4, gracias a la importancia de la radio en la mayoría de la ciudadanía se tiene un panorama muy positivo al pensar en la migración de tecnología, sumándole a este factor todas las cualidades que se tendrá con la transmisión en digital.



**Gráfico 3-4** Importancia de la radio

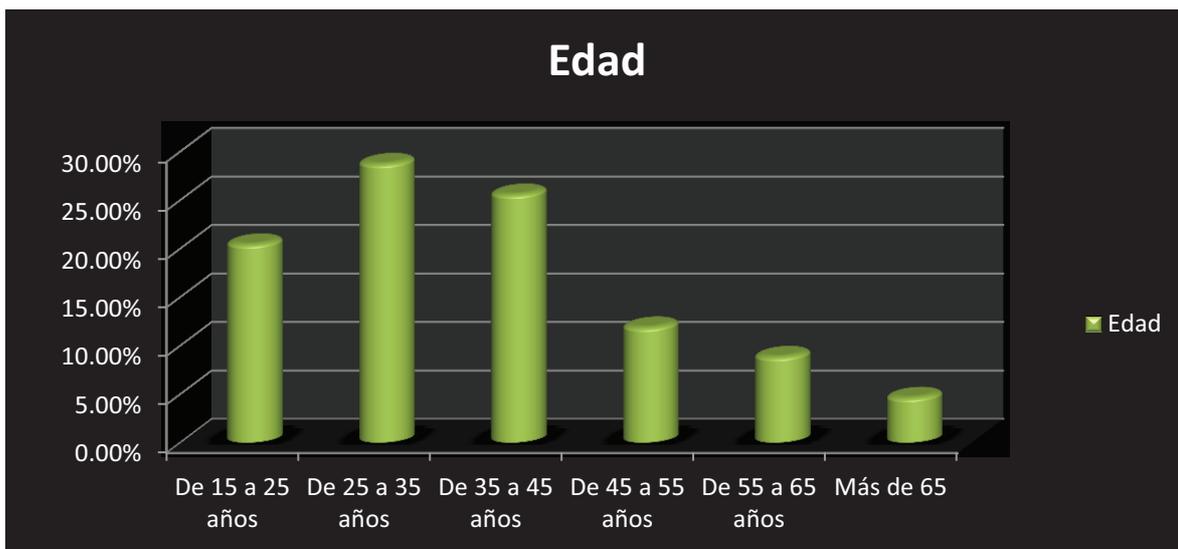
De las personas que la radio es parte de su rutina diaria, es necesario conocer que banda radial prefiere escuchar, de lo que se concluye que la gran mayoría escucha la banda FM (Frecuencia Modulada), ya que la calidad, programación y amplia variedad es mejor en esta banda que en la banda AM (Amplitud Modulada), como podemos ver en el Gráfico 3-5, la encuesta indica que el 92,89% escucha radio en la banda FM (Frecuencia Modulada) y solo el 7,11% escucha radio en banda AM (Amplitud Modulada), prácticamente 9 de cada 10 personas escuchan radio en FM (Frecuencia Modulada). Esto también se puede evidenciar en la fabricación de equipos electrónicos actuales ya que la mayoría no viene con la opción de poder seleccionar la banda de radio que se desea escuchar, como los teléfonos celulares, mp3, mp4 y hasta los equipos de sonido en si vienen diseñados solo para escuchar la radio en banda FM (Frecuencia Modulada), ayudando así a la desaparición de la radio en banda AM (Amplitud Modulada).



**Gráfico 3-5** Porcentaje de personas que escuchan radio en las bandas AM y FM.

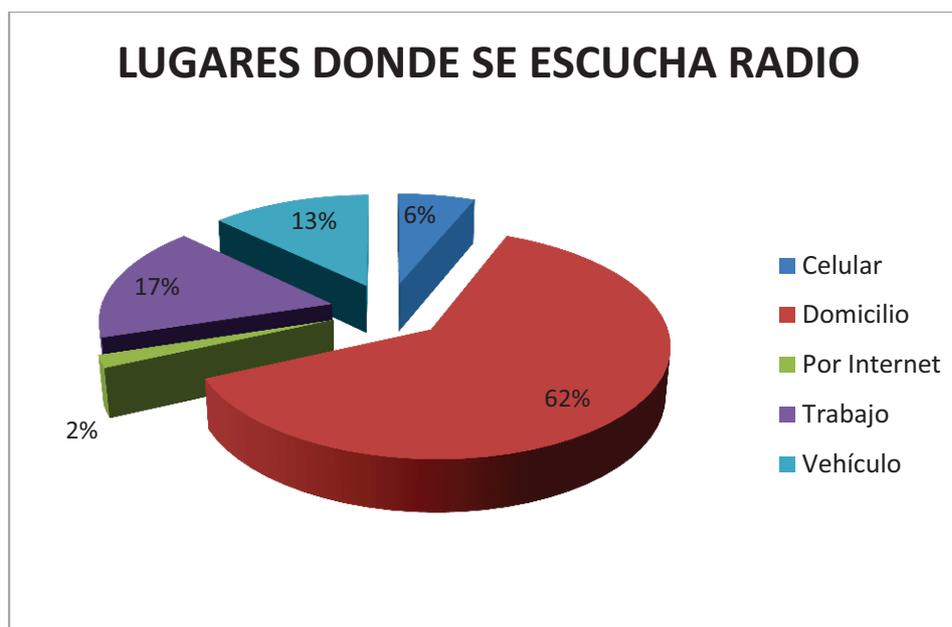
La radio al ser un medio de comunicación masivo, es escuchada por muchos grupos de edad, ya que es considerado un medio principalmente enfocado al esparcimiento de las personas, y no es necesario dejar de hacer labores para poder acceder a la radio.

Un dato importante obtenido de la quinta pregunta, que se refiere a que año nació el encuestado, es que las personas inician a escuchar radio aproximadamente a los 15 años, la mayor concentración de personas que escuchan radio está en su mayoría en el grupo de edad comprendida entre los 25 a 45 años, a partir de esta edad va disminuyendo el número de personas que escuchan radio terminando a la edad de 65 años aproximadamente, con más detalle se puede observar en el Gráfico 3-6:



**Gráfico 3-6** Edades de personas que escuchan radio.

Esta distribución de edades en las que las personas escuchan radio, puede ser uno de los factores que influyen como es el lugar donde más se escucha radio, al preguntar, donde se encuentra cuando escucha radio, se obtiene que en primer lugar es el domicilio con un 62%, continuando por el lugar de trabajo con un 17% del total de los encuestados, seguidos por el vehículo, el celular y por último por internet, como se muestra en el Gráfico 3-7.



**Gráfico 3-7** Lugares donde más escuchan radio las personas

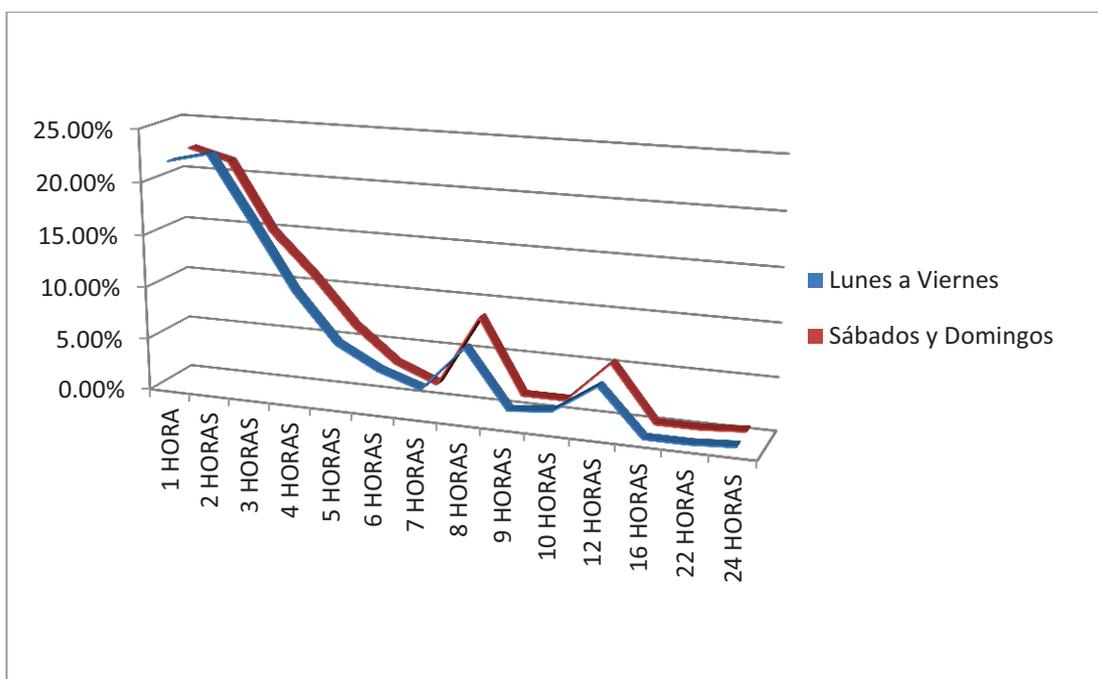
El hecho de que la mayoría de lugares donde se escuche radio sea el hogar o trabajo muestra que las personas escuchan radio de manera estática, es decir dentro de un límite determinado, también podemos evidenciar que un porcentaje muy pequeño está adaptado a escuchar la radio de manera móvil es decir desde un celular o el vehículo, como se puede ver en el Gráfico 3-7, 13 de cada 100 personas escuchan radio en su vehículo y el 6% en su celular, teniendo como el dato más bajo las personas que escuchan radio por internet con el 2%, esto se puede atribuir al hecho de que en internet se puede tener acceso rápido a videos musicales, a noticias o cualquier información en el momento deseado y con la preferencia que en ese instante la persona desee sin tener que esperar a la programación de la radio en línea.

Considerando que la mayoría de personas escuchan radio en su hogar o en su lugar de trabajo, se debe también a que mientras escuchan radio suelen realizar otra actividad, analizando este punto, la siguiente pregunta es, si al escuchar radio, adicional ejecuta otras acciones, los resultados se puede ver en el Gráfico 3-8, donde indica que 75 de cada 100 personas si realizan otra actividad mientras escuchan radio, y solo 25 de cada 100 personas no realizan ninguna actividad mientras la escuchan. Con esta información podemos analizar la importancia que tiene la radio en la vida y costumbres de las personas.



**Gráfico 3-8** Personas que realizan o no otras actividades mientras escuchan radio.

Otro punto importante para este análisis es saber qué tiempo dedican a escuchar radio diariamente las personas, este parámetro es fundamental para poder tener una idea de la predisposición de la población al cambio de tecnología, los estudios arrojaron los siguientes resultados que se muestran en el Gráfico 3-9.



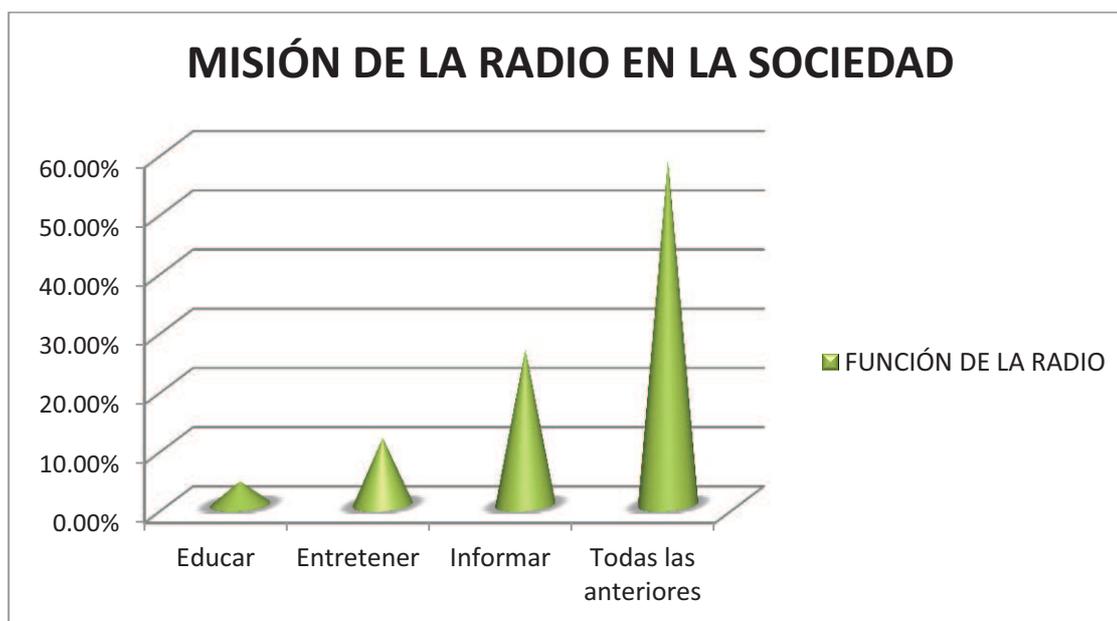
**Gráfico 3-9** Cantidad de horas por día que se escucha radio

Se destaca del Gráfico 3-9 que la tendencia es muy similar en las horas que escuchan por día la población, ya que no existe una diferencia considerable entre el comportamiento de la población que escucha radio de lunes a viernes y la tendencia de escuchar radio el fin de semana, es decir sábado y domingo.

Claramente se puede notar que casi la cuarta parte de las personas encuestadas, escuchan de una a dos horas la radio, esta tendencia baja hasta llegar a que pocos escuchan la radio un lapso de 7 horas, presentado un pico, es decir, un incremento en el tiempo que las personas quiteñas escuchan radio a 8 horas, con un porcentaje cerca del 10%; declinando este porcentaje de personas por un lapso de tiempo, para tener otro pico en 12 horas por día que las personas escuchan radio con el 5% de la población encuestada.

Para poder conocer el grado de disposición al cambio de tecnología en los usuarios se pregunta siguiendo la encuesta, desde su punto de vista, cual es la misión de la radio en la sociedad, donde se obtuvo que para el aproximadamente 60% de los encuestados que escuchan radio, las principales funciones de la radio simultáneamente son: educar, entretener e informar.

Para el restante 40% se dividen entre estas tres opciones de la siguiente manera: el 20% piensa que la función más importante de la radio es solamente informar, después el 15% aproximadamente de los encuestados opinan que la principal función es solamente entretener y solo el 5% el de solamente educar, como se puede apreciar en el Gráfico 3-10.



**Gráfico 3-10** Principales funciones de la radio

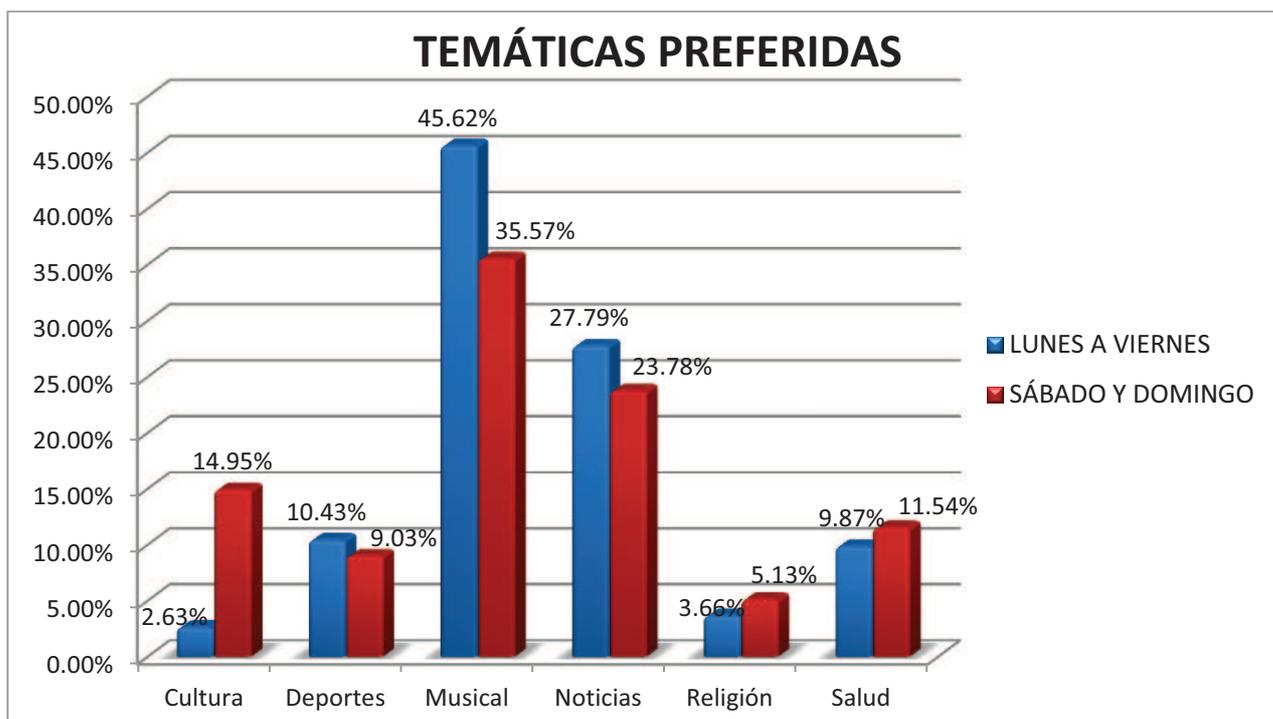
Este se puede considerar un dato muy importante ya que al conocer que la mayoría de personas piensan que la principal función de la radio es informar, la disponibilidad para invertir en un nuevo receptor y la aceptación del cambio de tecnología sería muy alentadora.

Las preferencia de la demanda respecto a la programación está directamente relacionada con la oferta que brindan las radioemisoras, por lo que se debe conocer de los encuestados, al sintonizar radio, cual es la temática que más les

gustas, donde se constata que las temáticas son diferentes entre semana, es decir de lunes a viernes y el fin de semana considerado sábado y domingo.

Se puede ver en el Gráfico 3-11 que la temática preferida más alta siempre es la musical teniendo un 45% de lunes a viernes y un 35% el fin de semana, seguido en ambas situaciones con un alto porcentaje de aproximadamente el 28% y el 24% la temática de las noticias de lunes a viernes y fin de semana, respectivamente, cubriendo así la función principal considerada por los oyentes que era de informar y entretener.

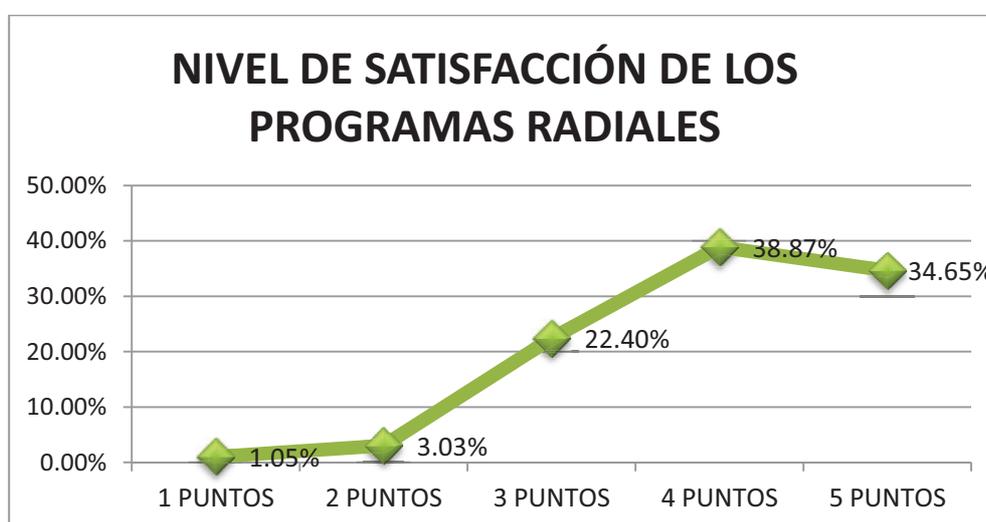
A continuación se tiene a la programación cultural para los días sábado y domingo con el 15%, teniendo una gran diferencia para los días entre lunes a viernes donde esta preferencia decae notablemente a 2,63 %, posteriormente se encuentran las preferencias de los deportes y la salud con un aproximado del 10% cada una de estas, sin presentar una variación significativa en el día ya sea de lunes a viernes o de sábado a domingo; y por último entra en el rango de programación preferida la religión con un 5,13% los fines de semana y decayendo a un 3,66% entre semana, este dato se contrasta con el hecho de que para los oyentes esta última categoría de programación no entran en la función que tiene la radio.



**Gráfico 3-11** Programación radial preferida por los oyentes.

Cabe recalcar que en las preferencias no se cubre la última función de la radio considerada por los oyentes que es la de educar, esto se debe a que la dentro de la programación ofertada por la mayoría de las radioemisoras no se considera el ámbito de la educación, solo en pocas radios se da el espacio para que personas puedan educarse a distancia gracias a este medio de comunicación.

En la pregunta, qué nivel de satisfacción tiene los programas radiales para usted, si tuviera que calificar del 1 como malo hasta 5 como, se obtuvo los siguientes resultados plasmados en el Gráfico 3-12



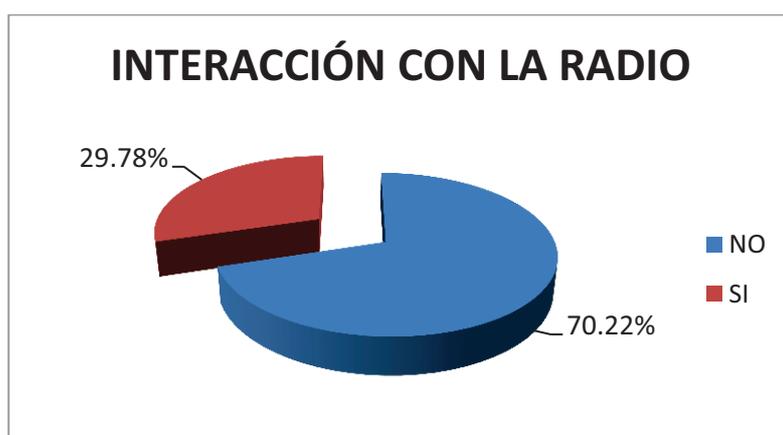
**Gráfico 3-12** Calificación en cuanto a satisfacción de los programas radiales

Es notorio que solo la tercera parte de la población está totalmente conforme con la programación actual ofertada ya que el 34.65% asignó la mejor puntuación de 5 puntos, esta cifra refleja la inconformidad de los oyentes en cuanto a los programas transmitidos y a la información que se recepta a través de estos. El mayor porcentaje tiene la siguiente calificación correspondiente a 4 puntos, con un aproximado de 40%, el resto de puntuación suma un porcentaje aproximado de 25% que refleja su inconformidad con la programación radial.

Este tema es muy crítico ya que si no se tiene información en cuanto a los oyentes y sus expectativas de programación, estos podrían dejar de lado a la radio y reemplazar a esta con otro medio de comunicación; este problema se

puede solventar con la migración a radio digital, ya que se tendrá la posibilidad de interactuar con el radio escucha ya sea para opiniones, encuestas, quejas, noticias importantes, etc. Esta interacción será directa por medio del transmisor, no se necesitará ningún elemento adicional para interactuar con la radio como es ahora que se necesita un teléfono o acceso a internet para realizar dicha interacción.

La costumbre de que la mayoría de personas no interactúen con la radio, se refleja en que no pueden opinar para una mejor programación, esto hace que la brecha entre el oyente y la radioemisora sea muy grande, donde las radioemisoras conocen poco en cuanto al oyente y por otro lado el oyente se conforma con los programas transmitidos, por tal motivo es necesario preguntar al oyente, si se comunica de alguna manera con las emisoras de radio de su preferencia, lo que se refleja en este estudio plasmado en el Gráfico 3-13, donde 7 de cada 10 personas no han interactuado nunca con una radioemisora, teniendo solo 3 de cada 10 personas que si lo han realizado. Se podría coincidir que la programación actual de las radioemisoras está ajustada solo al criterio de la minoría, en este caso sería solo a ese 30% que si tiene comunicación con las radios y el otro 70% solo se conforma con lo que escucha por este medio de comunicación.



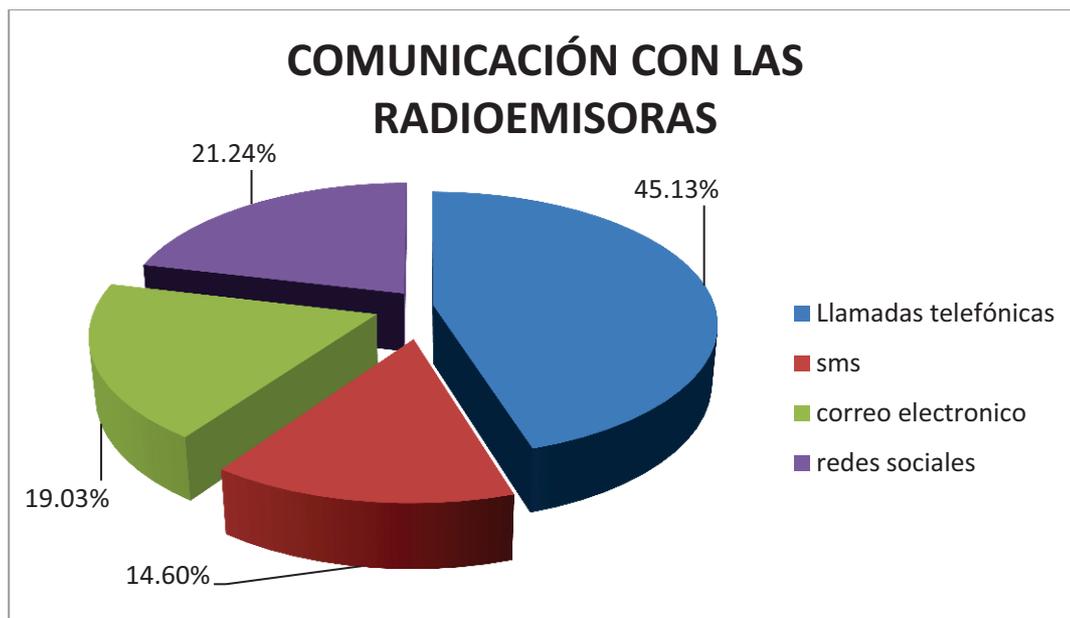
**Gráfico 3-13** Cuantas personas interactúan con las radioemisoras

Del 30% de personas que si interactúan con las radioemisoras, se pudo les preguntó, por qué medio se comunican con las radio emisoras, entre los medios

están llamadas telefónicas, redes sociales, mensajes de texto o correo electrónico; de lo cual se pudo obtener la información como se observa en el Gráfico 3-14, de que en general la interacción se realiza por medio de llamadas telefónicas con un 45% de los que si interactúan, ésta seguramente es la mejor manera de comunicarse ya que la información se transmite en dos vías el oyente puede opinar en una vía y obtener respuesta en otra vía.

La comunicación ahora también se la realiza mediante redes sociales con un 21,24% y muy de la mano con los correos electrónicos con un 19,03%, esto se debe a que en la actualidad muchas personas tienen acceso fácilmente a internet, o debido a sus actividades suelen estar conectados a la red durante largos períodos de tiempo por lo que les resulta sencillo comunicarse con las radioemisoras por este medio, tanto para el usuario como para los encargados de recibir la información en las radios, ya que se puede generar una respuesta rápida tanto en las redes sociales como en los correos electrónicos, influyendo así grandemente en la población, cabe mencionar que esta forma de comunicación puede ser de una vía, donde el usuario solo envíe la petición y espere a ser complacido, o puede ser de dos vías donde por el mismo medio sea contestada su petición.

Como última forma de comunicación tenemos a los mensajes de texto (SMS) con el 14,60%, sin duda esta forma de interacción tiende a desaparecer ya que al ser solo de una vía porque el oyente solo envía información y no tiene respuesta por el mismo medio genera una cierta incomodidad en este, y también considerando que los mensajes de texto tienen un costo para ser enviados, no es una forma agradable de interactuar.

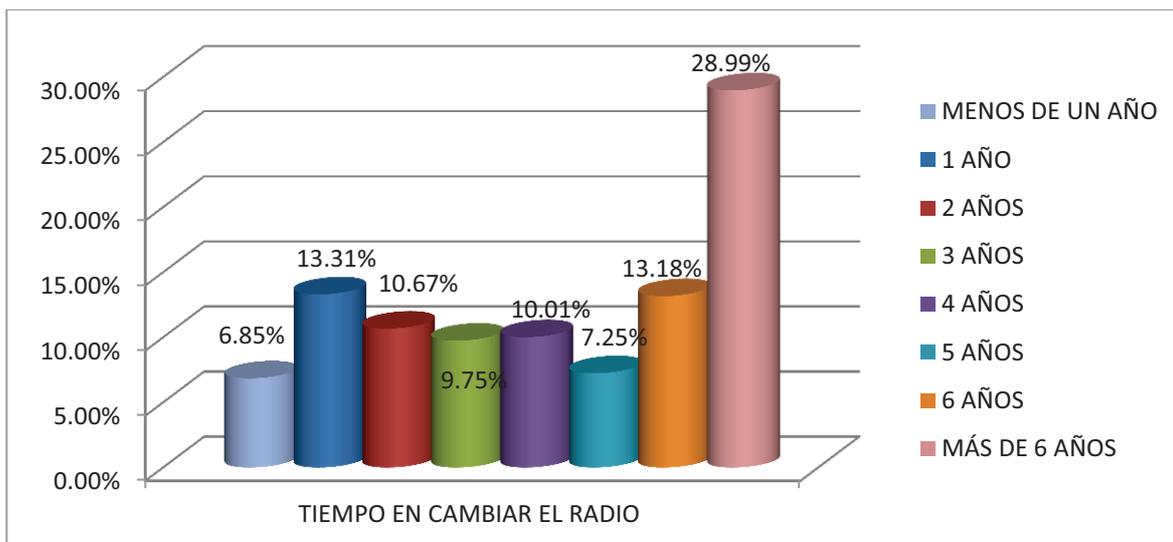


**Gráfico 3-14** Formas de interactuar entre el oyente y la radioemisora

Al analizar el tiempo de vida de los equipos de radio y la renovación de los mismos, a través de la pregunta qué tiempo de uso tiene su radio receptor, se puede destacar que la mayoría de equipos son renovados en tiempos prolongados ya que un elevado porcentaje de aproximadamente el 30% los renuevan en un tiempo mayor a 6 años de vida, seguido por los oyentes que tienen la costumbre de estar a la vanguardia con la tecnología y los renuevan cada año, este comportamiento corresponde al 13,31% que es un porcentaje relativamente bajo junto con los que renuevan aproximadamente cada 6 años, es decir tenemos similar porcentaje en comportamientos opuestos.

Se puede apreciar también que los oyentes renuevan sus equipos cada 2, 3, 4, o 5 años con un porcentaje de aproximadamente al 10% cada uno, es decir 4 de cada 10 personas conservan la tendencia de renovar sus equipos de radio en tiempos menores a 6 años pero mayores a un año.

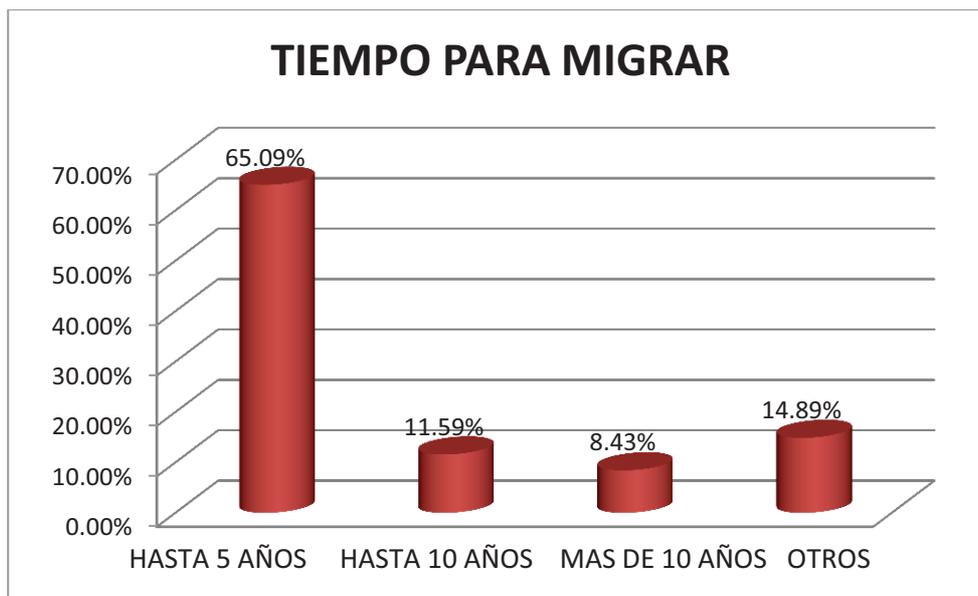
Con esta información obtenemos la valiosa conclusión de que si en el caso de que el Estado Ecuatoriano tomara un estándar para iniciar la migración de radio analógica a radio digital, dicho cambio tomaría un poco más de 6 años para que todas las personas puedan haber dado este paso.



**Gráfico 3-15** Tiempo que toma para realizar una renovación en los equipos de radio.

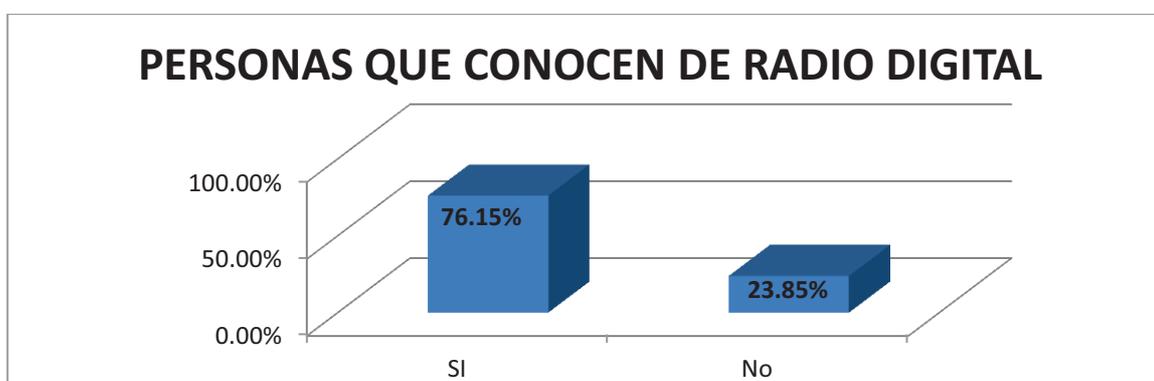
Para confirmar nuestro supuesto de que en un poco más de 6 años tomará la migración, se comprueba con el resultado de la pregunta si en el caso que se implemente esta nueva tecnología en el país, cuánto tiempo necesitaría usted para poder adquirir un nuevo receptor, hasta 5 años, hasta 10 años o más de 10 años, y obtuvimos que más de la mitad de la población está dispuesta en cambiar su equipo receptor de radio en un tiempo hasta 5 años, este es otro de los datos alentadores que indica la facilidad que se daría la migración por la buena disposición en los oyentes a dar este salto de tecnología analógica a tecnología digital.

Como se puede observar en el Gráfico 3-16, más de la mitad de la población podría reemplazar su equipo receptor de radio hasta en 5 años, seguidos por un 11,59% que le tomaría el cambio hasta 10 años, y un 8,43% se demoraría en dicho reemplazo más de 10 años y por último a un grupo de personas que les tomó otro lapso de tiempo en cambiar de radio con un aproximado del 15% de toda la población.



**Gráfico 3-16** Tiempo de adquisición de un nuevo receptor de radio

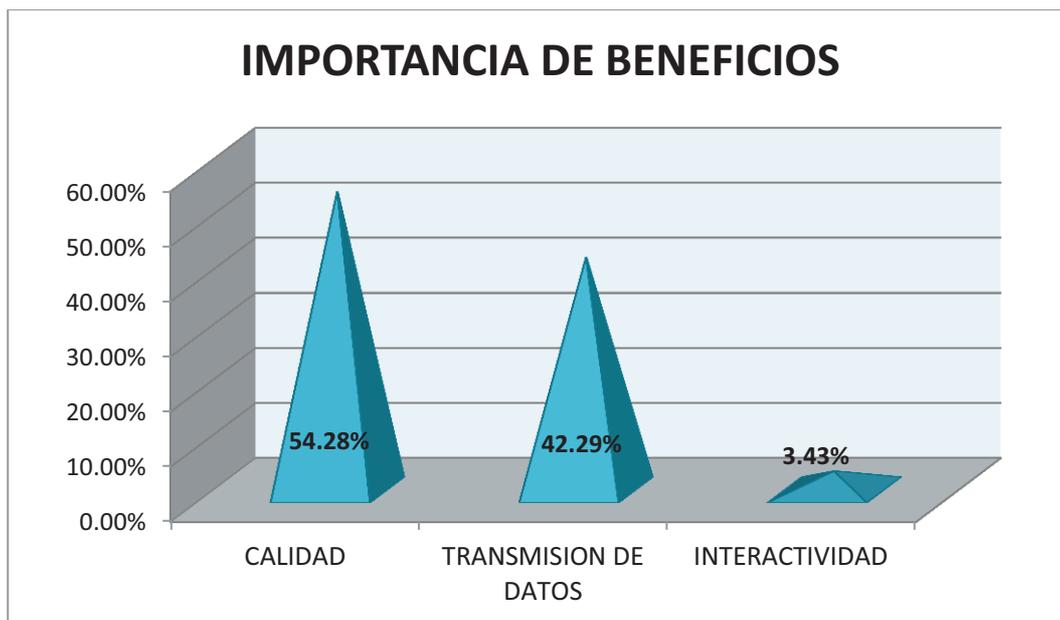
Otro punto de interés es saber si la población tiene algún conocimiento o noción de lo que es radio digital, al realizar esta pregunta se tuvo los siguientes resultados plasmados en el Gráfico 3-17, donde se puede observar que las tres cuartas partes de la población tiene algún tipo de conocimiento de radio digital, lo cual es un incentivo para que la migración sea un éxito, ya que al considerar que la mayoría de las personas saben del tema es porque tienen un grado alto de interés, lo que facilitaría el paso de radio analógica a radio digital. Considerando que solo el 25% aproximadamente no tiene un conocimiento de radio digital resulta muy sencillo capacitar a este pequeño grupo de personas de todos los beneficios que resulta del cambio de tecnología y así poder dar en conjunto la migración tecnológica.



**Gráfico 3-17** Personas que conocen algo sobre radio digital

De las personas que tienen algún conocimiento en radio digital, es necesario saber si conocen los beneficios, por lo que se les generó la pregunta, si tiene conocimiento de los beneficios que traería la radio digital, de ser afirmativo, cuál de ellos le parece más relevante, las respuesta se pueden reflejar en el Gráfico 3-18, sin duda alguna es la calidad el beneficio más importante que perciben las personas que tienen este conocimiento, con un 55% aproximadamente, esto se debe a que actualmente la calidad de transmisión radial en la banda AM (Amplitud Modulada) es pésima y considerar el hecho de que cambiando de tecnología se puede obtener una calidad similar o mejor a la obtenida en los formatos de DVD (*Digital Versatile Disc*), es un trascendente cambio que beneficiará tanto a los oyentes, a las radioemisoras ya que tendrán mayor sintonía y al estado, ya que podrá hacer mejor uso del recurso radioeléctrico en esta banda que se encuentra desperdiciada.

El segundo beneficio en importancia que se considera, se puede observar en el Gráfico 3-18, es la posibilidad de transmisión de datos con un 42% aproximadamente, esto se debe a que en la actualidad todo tiende a converger y para ello es importante tener la opción de poder transmitir datos, la población está muy consciente de la importancia que conlleva el cambio de tecnología y eso es alentador para considerar la posibilidad de una migración. Por último un 3% de los encuestados considera importante la interactividad que se tendrá con las radioemisoras, este bajo porcentaje se debe a la costumbre actual donde la comunicación con los radios es mínima como se puede observar en el Gráfico 3-13 que solo el 30% de la población lo hace.



**Gráfico 3-18** Importancia de los beneficios de radio digital

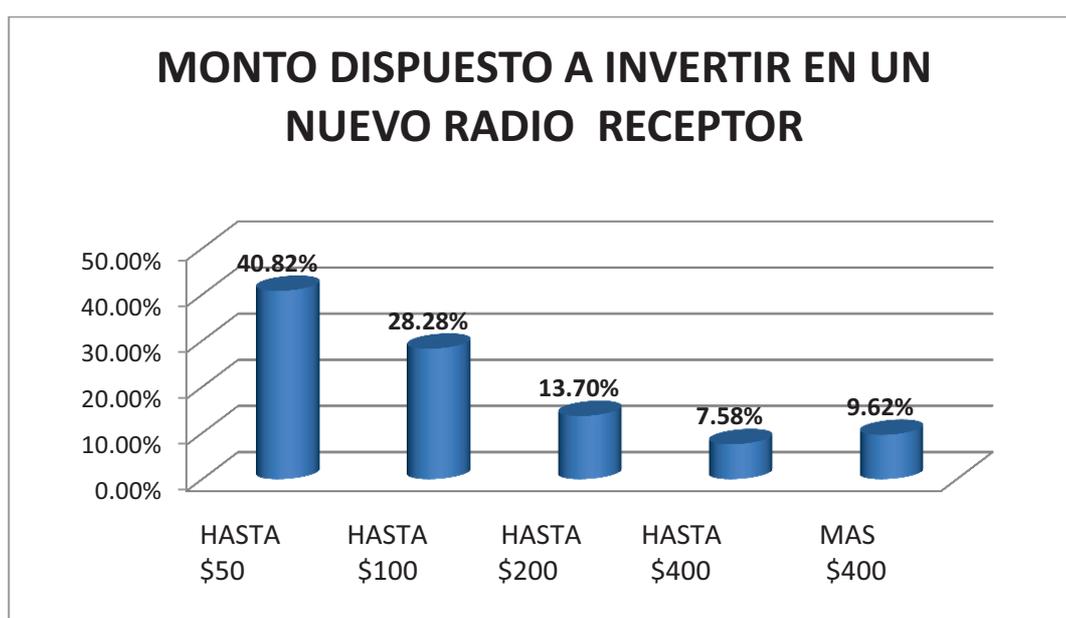
Uno de los pasos importantes para que se pueda realizar la migración de una manera exitosa es que los oyentes deberán comprar un nuevo receptor, por lo que se preguntó a los encuestados, que En el caso que se implemente esta nueva tecnología en el país, compraría un nuevo radio receptor, y los resultados de la encuesta reflejan que el 45 personas de cada 100 están dispuestas a invertir en un nuevo receptor, pero lamentablemente las otras 55 personas de cada 100 no tienen esta disposición a invertir, como se puede observar en el Gráfico 3-19.



**Gráfico 3-19** Disposición a comprar un nuevo receptor.

En este punto el estado Ecuatoriano juega un papel muy importante, puesto que en el caso que se tome la decisión de migrar de tecnología, deberá buscar el camino para que las personas tengan la disposición de invertir en un nuevo receptor y a cambio poder obtener todos los beneficios que conlleva el cambio de tecnología, uno de los caminos que puede ser es el subsidio en la compra de estos nuevos receptores al inicio de la migración, también se puede dotar de nuevos equipos de radio a las poblaciones económicamente menos beneficiadas, ayudaría también una buena campaña publicitaria para iniciar dicha migración resaltando todos los beneficios que se obtendrá y así poder caminar de manera exitosa al anhelado apagón analógico que promueve el actual gobierno.

Basados en la tesis sobre los costos de la migración, llamada “ESTUDIO Y ANALISIS DE LA TECNOLOGIA DE REDES DE FRECUENCIA UNICA (ISOFRECUENCIA), Y SU APLICACION EN LA RADIODIFUSION EN LAS BANDAS DE AM Y FM PARA LA OPTIMIZACION DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO EN LA CIUDAD DE QUITO”, del Ing. Héctor Javier Erazo Chulde, se analiza en este estudio entre las personas que están dispuestas a comprar un nuevo receptor de radio, de cuál sería el monto máximo para comprar un nuevo radio receptor, hasta \$50, hasta \$100, hasta \$200 o hasta \$400, los datos de las respuestas tenemos en el Gráfico 3-20.



**Gráfico 3-20** Monto a invertir en el nuevo receptor de radio.

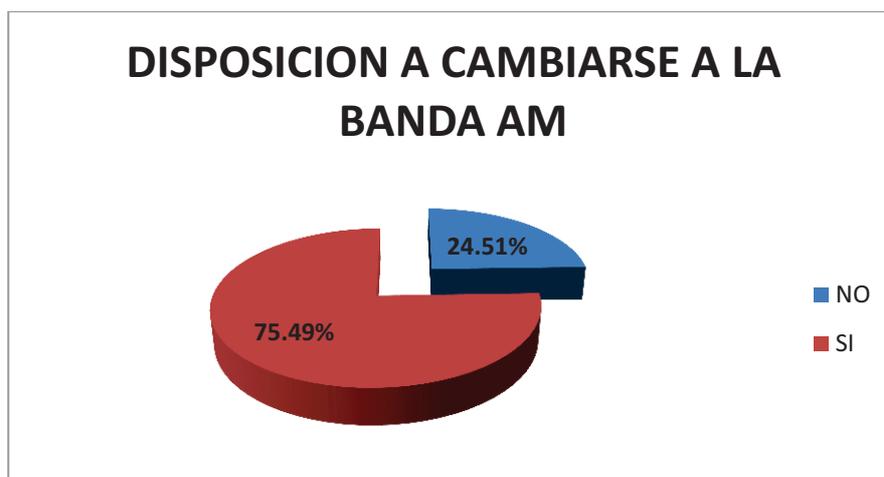
Los montos varían ya que existen diversos tipos de radio receptores, puesto que cada uno tendrá diferentes características, como son:

- Recibe programas en audio stereo
- Recibe programas en forma de datos
- Recibe señales analógicas de AM (Amplitud Modulada) y FM (Frecuencia Modulada)
- Puede actualizar el software por medio de USB (Universal Serial Bus), tarjeta de memoria, etc
- Alimentación 120v
- Alimentación 5 v
- Tiene memoria de emisoras
- Tiene memoria para guardar mensajes que emiten las radioemisoras
- Compatible con Windows
- Puede funcionar como analizador de espectro
- Puede funcionar como osciloscopio de audio

Se puede observar en el Gráfico 3-20 que el 40% aproximadamente está dispuesto a invertir un monto hasta \$50, con este monto se podría adquirir un receptor básico. Seguido por el 28,28% de personas que están dispuestas a invertir un monto hasta \$100, con este valor se puede comprar un equipo receptor con más funcionalidades, para un monto hasta \$200 solo están dispuestas 13 de cada 100 personas en hacerlo, y se puede observar que un 7,58% de las personas encuestadas están dispuestas a invertir un monto hasta \$400 con lo que podrían obtener un equipo lleno de funcionalidades y beneficios, por último un porcentaje un poco mayor al anterior del 9,62% está dispuesto a invertir más de \$400.

Aparte del monto que las personas están dispuestas a invertir también es necesario considerar el tiempo que necesitan para realizar dicha inversión y cambiar de receptor de radio, como ya se analizó en el Gráfico 3-16, donde podemos concluir que estos montos deberán ser invertidos en un lapso de tiempo entre 2 y 5 años.

Para concluir con este análisis, después del desarrollo logrado con las personas encuestadas y tomando en cuenta también la cobertura que se tiene con la banda en AM (Amplitud Modulada) resaltando que puede llegar a lugares donde no puede llegar ningún otro medio de comunicación, la pregunta fundamental es, conociendo los beneficios que traería la radio digital como son calidad, cobertura, interactividad, mayor información en el receptor, etc; estaría dispuesto a escuchar esta radio en la banda AM (Amplitud Modulada), es decir dejarían la acostumbrada banda en FM (Frecuencia Modulada) para comenzar a escuchar AM (Amplitud Modulada) digital, teniendo una respuesta totalmente positiva ya que el 75,49% de personas están dispuestas a cambiarse o intercalar al momento de escuchar radio, mientras que un 24,51% se mantendrá fiel a escuchar su banda de radio tradicional que es la FM (Frecuencia Modulada), como se puede observar en el Gráfico 3-21



**Gráfico 3-21** Disposición a cambiarse a la banda AM digital

### 3.2.2 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO REALIZADO A LAS RADIOEMISORAS DE LA CIUDAD DE QUITO.

No cabe duda que el reto del cambio de tecnología de radio analógica a radio digital compete tres entes importantes que son: los oyentes, radioemisoras y estado ecuatoriano, en este apartado analizaremos la factibilidad socio-económica por parte de las radioemisoras.

El cuestionario de la encuesta para los radiodifusores, se encuentra en el Anexo V, donde los puntos que se analizarán son importantes para determinar si será factible o no la migración de tecnología, estos puntos tienen relación con la inversión que deberán realizar las radioemisoras tanto en equipos como en capacitación técnica y con los beneficios que tendrán con el cambio de tecnología; para lo cual sin duda alguna se necesitará del apoyo del gobierno ecuatoriano, tanto en la toma de la decisión del estándar que será utilizado, como en el ámbito económico.

Los objetivos de este análisis fueron conocer de parte de las de 38 emisoras operativas en la banda AM (Amplitud Modulada) que constan en la página web de la Superintendencia de Telecomunicaciones, la disposición al cambio por parte de las radioemisoras, el alcance de conocimiento que tienen actualmente, el cambio en su misión social que tienen muchas radios en esta banda de frecuencia y cómo afectaría, desde su punto de vista su comunicación con los oyentes.

Se presentó algunos inconvenientes, al momento de solicitar información a las radioemisoras por medio de encuestas, como los siguientes:

\*Los contactos que se encuentran en la página web de la Superintendencia de Telecomunicaciones no están actualizados, por lo que se tuvo que buscar otros medios para poder contactarse con las radioemisoras, pero no se logró encontrar todos los contactos de las radioemisoras.

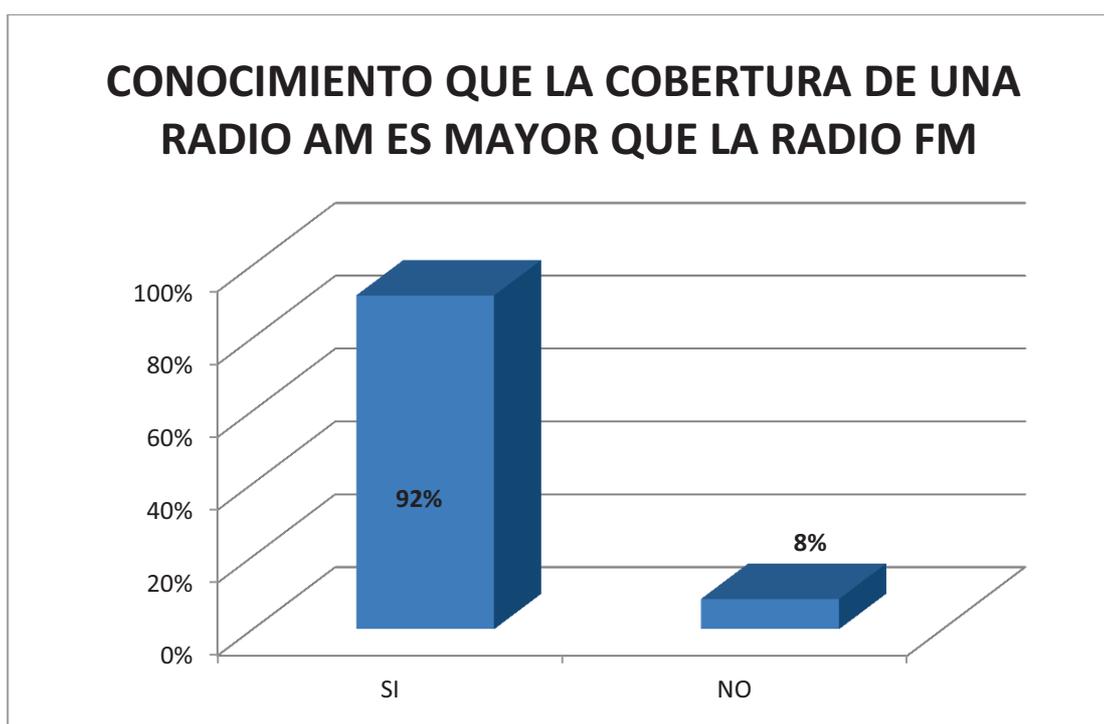
\*Los encargados de la parte técnica no deseaban dar información.

\*No se podía concretar ninguna cita para conversar del asunto

\*Algunos encargados de las radioemisoras pidieron que las preguntas se las envíe por correo electrónico, pero nunca se tuvo respuesta

De todo el listado de las radioemisoras se tuvo el apoyo de 24, lo que corresponde al 65% aproximadamente de la población total, con esta información es suficiente para poder conocer la disposición real al cambio de las emisoras en la ciudad de Quito, ya que estas 24 estaciones daban cobertura a la provincia de Pichincha y sus alrededores y en su totalidad radioemisoras que funcionan en la banda AM (Amplitud Modulada).

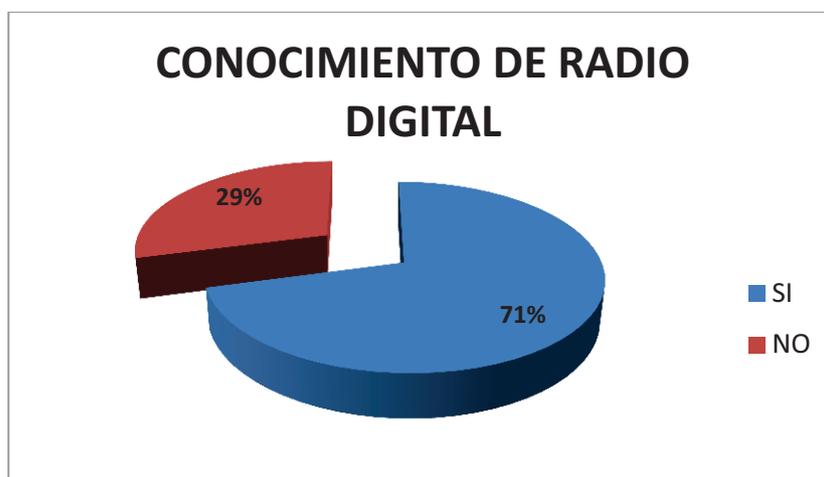
Para iniciar es interesante conocer, si los encargados de las radioemisoras están al tanto de que la cobertura de una radio AM (Amplitud Modulada) es mayor que la radio FM (Frecuencia Modulada), resultando que la mayoría, pero no todas las radioemisoras están enteradas de este fundamento, como se puede apreciar en el Gráfico 3-22 concretamente el 92% tiene claro este principio y por ende puede visualizar de mejor manera el alcance que podría tener este cambio de tecnología.



**Gráfico 3-22** Conocimiento en cuanto a que la cobertura de una radio AM es mayor que la radio FM.

De los acercamientos que se pudo tener con los representantes de las radioemisoras en la banda AM (Amplitud Modulada), se les pregunto si tienen algún conocimiento en cuanto a radio digital, donde se pudo obtener la noticia de que un gran porcentaje tiene algún tipo de conocimiento en cuanto a radio digital, esto es muy importante considerar puesto que da a notar, según el comportamiento, que se tiene una alta predisposición por parte de las radioemisoras para este cambio de tecnología de radio analógica a radio digital en la banda AM (Amplitud Modulada). Específicamente el 71% de la población evaluada tiene conocimiento en cuanto a radio digital como se observa en el

Gráfico 3-23, este dato alentador nos lleva al análisis de que si actualmente se tiene tanto interés en cuanto a esta tecnología nueva en el país, con una campaña de difusión más amplia se podría cubrir el 29% restante y fortalecer el conocimiento que tienen las radioemisoras que ya saben algo acerca del tema.



**Gráfico 3-23** Conocimiento en cuanto a radio digital.

Entre los beneficios más sobresalientes que se tendría con radio digital son:

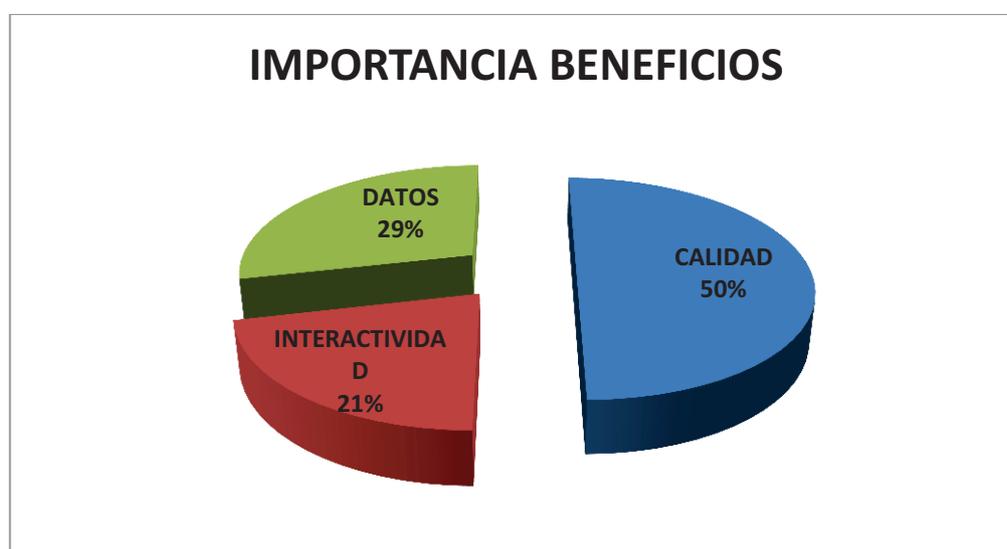
\*Mejor calidad de la señal puesto que la calidad del audio será muy nítida, no se tendrán distorsiones ni percepción de ruido.

\*Mayor interactividad con los usuarios, ya que por medio del receptor se podrán hacer pedidos, sugerencias, etc y no se necesitará de otro medio de comunicación como el teléfono, internet, mensajes de texto como se lo realiza actualmente.

\*Transmisión de datos, es decir que usted podrá transmitir información sobre el tráfico de la ciudad, el clima, información sobre la canción que programe, etc y de igual manera se podrá recibir información por medio del receptor como de noticias, nombre de la radioemisora que se está escuchando actualmente, nombre de la canción, etc.

Se planteó conocer cuál de estas mejoras consideran las radioemisoras como principal que se tendría con el cambio de tecnología, de lo cual se puede concluir

que la calidad es la que más esperan, puesto que actualmente la calidad de la radio en esta banda de frecuencia es pésima, y es el motivo por el que la radio se concentró más en la banda FM (Frecuencia Modulada), a pesar de que su cobertura sea menor que la pisada en la banda AM (Amplitud Modulada), se tiene que la mitad de las radioemisoras considera que el mejor cambio sería en la calidad como se observa en el Gráfico 3-24, en segundo lugar consideran los representantes de las radioemisoras que la transmisión de datos sería otro de los más importantes beneficios con un 29% y por último la interactividad con los usuarios por medios del receptor con 21%.

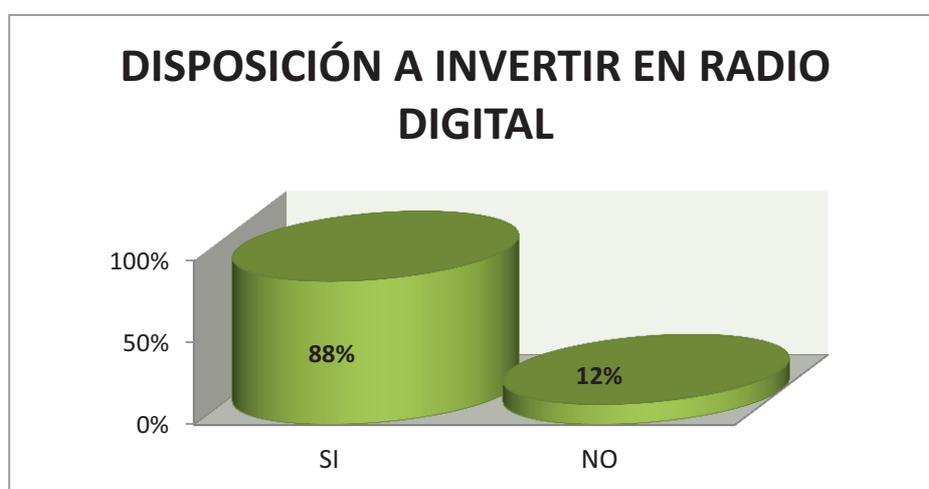


**Gráfico 3-24** Importancia de beneficios en la radio digital

Después de analizar los principales beneficios que conlleva la migración de radio analógica a radio digital en el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*), y considerando la aceptación de estas mejoras por parte de las radioemisoras, es necesario conocer, si en base a los beneficios citados en la pregunta anterior, estaría usted dispuesto a invertir en la migración a radio digital.

De las conversaciones con los representantes de las radioemisoras se establece que la mayoría de radios son de bajos recursos económicos o son subvencionadas con los ingresos de las radios que mantienen los mismos representantes, pero en la banda FM (Frecuencia Modulada), a pesar de esta realidad es alentador observar en el Gráfico 3-25, que un alto porcentaje como lo

es el 88% de las radioemisoras tienen la disposición para invertir, pero puesto que no poseen el dinero suficiente supieron mencionar que lo harían contrayendo alguna deuda o pidiendo ayuda internacional en el caso de las radioemisoras que tienen como misión la ayuda social, el restante 12% se mostró reacio a la idea de invertir en una radio en banda AM (Amplitud Modulada), puesto que los ingresos son mínimos y unos representantes supieron manifestar que es una mejor opción invertir en la banda FM (Frecuencia Modulada) o que simplemente están condenados a desaparecer.

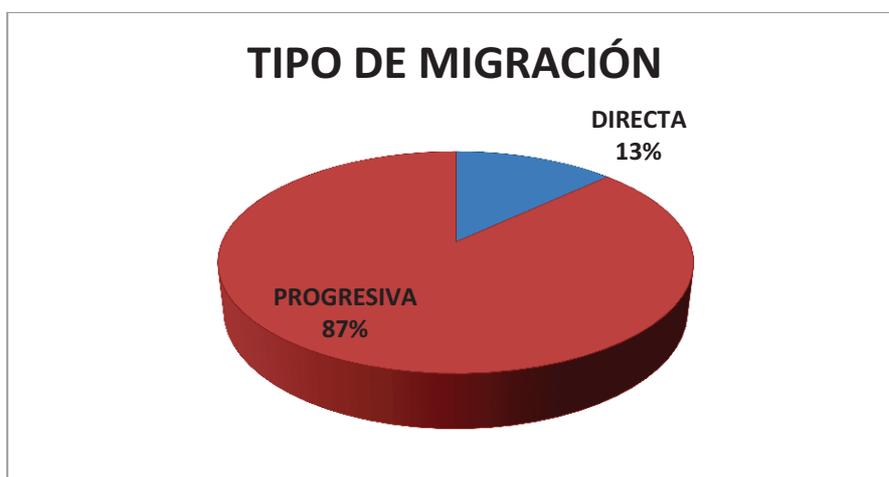


**Gráfico 3-25** Disposición a invertir en la migración a radio digital

De entre las radioemisoras que están dispuestas a invertir en este cambio de tecnología, se preguntó que cuál sería el mejor camino para llevarla a cabo, por un lado se puede tener la migración directa, que significaría la compra total de todos los equipos necesarios para transmitir digitalmente y por otro lado se podría ir por el camino de la migración progresiva, lo que implica que adaptando ciertos equipos que poseen actualmente y comprando lo mínimo necesario se podría transmitir de manera digital.

Del anterior análisis planteado a los representantes de las radioemisoras y considerando su situación económica se obtuvo la respuesta de que el 87% optaría por la migración progresiva y el 13% podría financiarse con lo que podría optar por la migración directa, en ambos casos el mayor deseo es que la

migración se pueda convertir en una realidad para nuestro país lo más pronto posible.



**Gráfico 3-26** Mejor manera de migración a radio digital.

Muy ligado a la anterior respuesta, y basándonos en la en la tesis sobre los costos de la migración, llamada “ESTUDIO Y ANALISIS DE LA TECNOLOGIA DE REDES DE FRECUENCIA UNICA (ISOFRECUENCIA), Y SU APLICACION EN LA RADIODIFUSION EN LAS BANDAS DE AM Y FM PARA LA OPTIMIZACION DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO EN LA CIUDAD DE QUITO”, del Ing. Héctor Javier Erazo Chulde, donde describe que la migración progresiva involucra agregar elementos a la radiodifusora analógica para que pueda transmitir digitalmente y que la migración directa implica una implementación totalmente digital tanto del sistema de transmisión como del equipo de grabación.

Al plantear la interrogante, qué cantidad de dinero está dispuesto a invertir para transmitir digitalmente, se analiza el monto que están dispuestos a invertir los representantes de las radioemisoras se distingue lo siguiente: el 67% tiene claro la manera de hacerlo y el 33% no lo sabe, pero tiene la disposición a invertir como se aprecia en el Gráfico 3-27.

Conversando con los representantes de las radios, planteando que una migración directa representaría aproximadamente una inversión de hasta \$100.000 y que

una migración progresiva puede representar una inversión de hasta \$50.000<sup>57</sup>, se puede resaltar que el 46% de los representantes, pudieron expresar que están dispuestos a invertir hasta \$50.000 y el 21% restantes está dispuesto a invertir hasta \$100.000 como se observa en el Gráfico 3-27.

Estos datos resultan interesantes ya que en el anterior punto de análisis, solo el 13% estaba dispuesto a optar por la migración directa, pero en esta conversación sostenida con los representantes de las radioemisoras resalta que el 21% está dispuesto a invertir el costo de una migración directa, esto nos lleva a la conclusión de que, en el caso que se pueda dar en nuestro país la migración de tecnología, un alto porcentaje lo hará de manera directa y esto conlleva a que la transición tecnológica ocupe menor tiempo que el esperado.

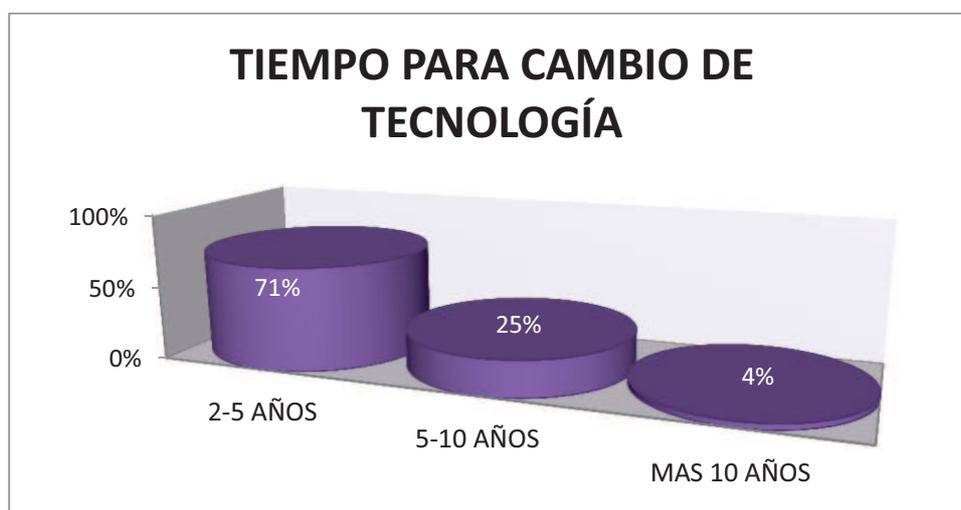


**Gráfico 3-27** Cantidad de dinero están dispuestas a invertir las radioemisoras para transmitir digitalmente.

Otro punto importante para analizar la factibilidad es el tiempo que tomaría para poder migrar de la tecnología analógica a la digital, para lo cual se preguntó a los radiodifusores, si el Ecuador decidiera adoptar un estándar de radio digital, cuál sería el tiempo que usted requeriría para el cambio de transmisor, hasta 5 años, hasta 10 años o más de 10 años, debido al optimismo presentado se tiene que el 71% de estos están dispuestos a realizar dicho cambio de tecnología en un

<sup>57</sup> ERAZO CHULDE Hector Javier, ESTUDIO Y ANALISIS DE LA TECNOLOGIA DE REDES DE FRECUENCIA UNICA (ISOFRECUENCIA), Y SU APLICACION EN LA RADIODIFUSION EN LAS BANDAS DE AM Y FM PARA LA OPTIMIZACION DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO EN LA CIUDAD DE QUITO, Quito Abril de 2009.

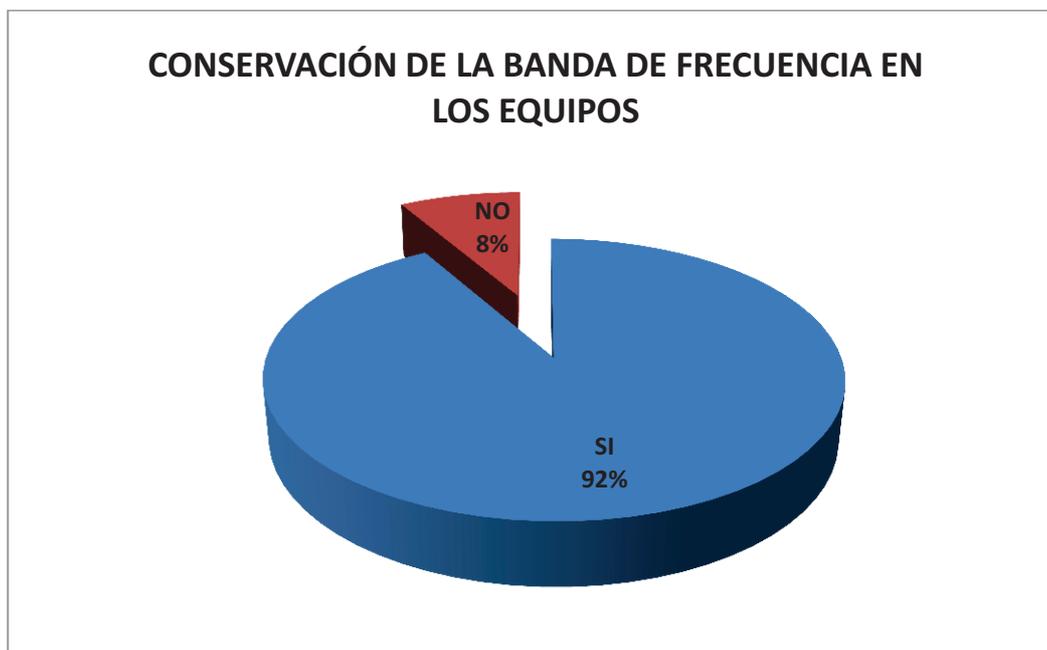
tiempo de hasta 5 años, seguido por la cuarta parte de los encuestados quienes manifestaron que la migración podría tomarles hasta 10 años y con un mínimo porcentaje de 4% son los que se tomaría más de 10 años para este cambio de tecnología, estos porcentajes se puede apreciar de mejor manera en el Gráfico 3-28



**Gráfico 3-28** Tiempo que requeriría las radioemisoras para el cambio de transmisor.

Tomando en cuenta la característica del estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*), que su ancho de banda es de 10 KHz como lo es actualmente el ancho de banda del espectro radioeléctrico asignado para radio analógica, si se cambia de tecnología esto se mantendría, a diferencia con otros estándares de radio digital donde el ancho de banda es de 9 KHz, entonces se planteó la interrogante, considera usted que los equipos deberían mantenerse en la misma banda de frecuencia por el cambio de tecnología, se analizó cuán importante es esta característica para los representantes de las radioemisoras puesto que los equipos para la migración trabajarían en la misma banda de frecuencia, obteniendo un resultado plasmado en el Gráfico 3-29, que el 91% considera importante debido a muchas razones, por ejemplo que la frecuencia donde trabajan ya está posicionada en el mercado, que si se da la migración en forma progresiva los equipos analógicos podrían trabajar en el mismo ancho de banda que los nuevos equipos digitales, que el estado ecuatoriano no tendría que volver a repartir las frecuencias del espectro radioeléctrico, etc.

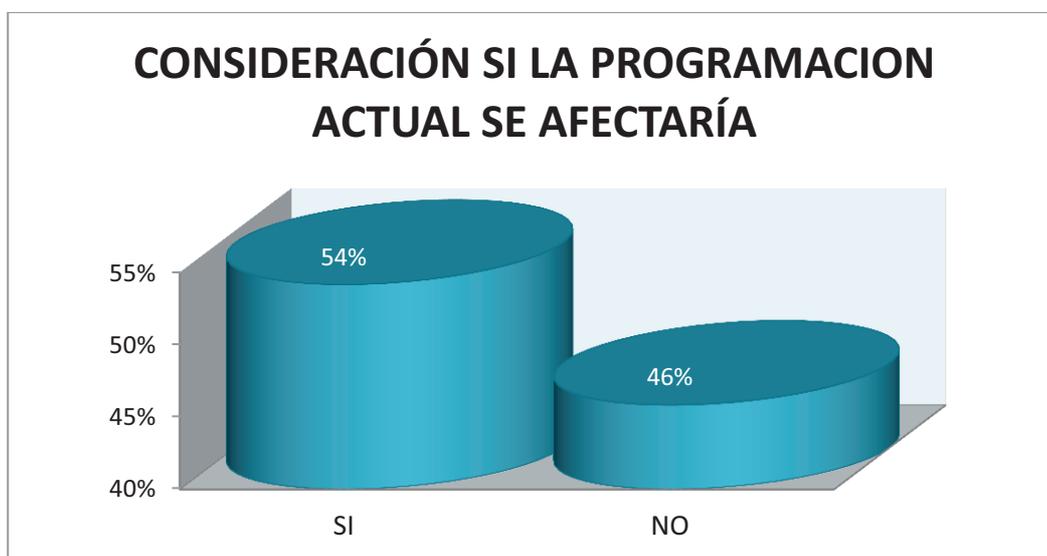
También se tuvo opiniones, que este no sería un tema de preocupación ya que todo cambio tecnológico conlleva a un cambio de la operación tradicional y que ese no sería un obstáculo para un exitoso cambio de transmisión analógica a digital.



**Gráfico 3-29** Consideración que los equipos se mantengan en la misma banda de frecuencia por el cambio de tecnología.

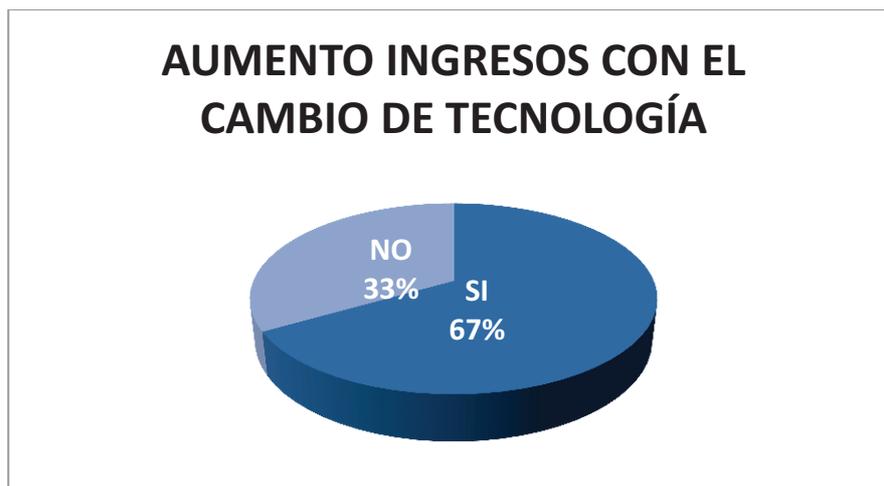
Otro aspecto de importancia que se considera clave para la recuperación de oyentes de radio AM (Amplitud Modulada), aparte de la mejora en la calidad que se daría con el cambio de tecnología, es que si los representantes de las radioemisoras consideran que con esta migración a transmisión de radio digital se vería afectada su actual programación actual, donde como se puede observar en el Gráfico 3-30, el 54% opina que si se afectaría puesto que ya con equipos digitales la programación debe mejorar y así posicionarse tanto o mejor con las radioemisoras que funcionan en la banda FM (Frecuencia Modulada), pero por otro lado el 46% considera que su programación si bien es que mejoraría en calidad, más en contenido se mantendría, ya que en algunos de los casos la misión de las radioemisoras es social y no se puede cambiar esta perspectiva de funcionamientos, por otro lado también consideran que la programación se debe mantener ya que los oyentes son de bajos recursos económicos y no tienen

conocimiento de la nueva tecnología por lo que sería transparente para estas poblaciones las mejoras que se tuviera con la migración de tecnología.



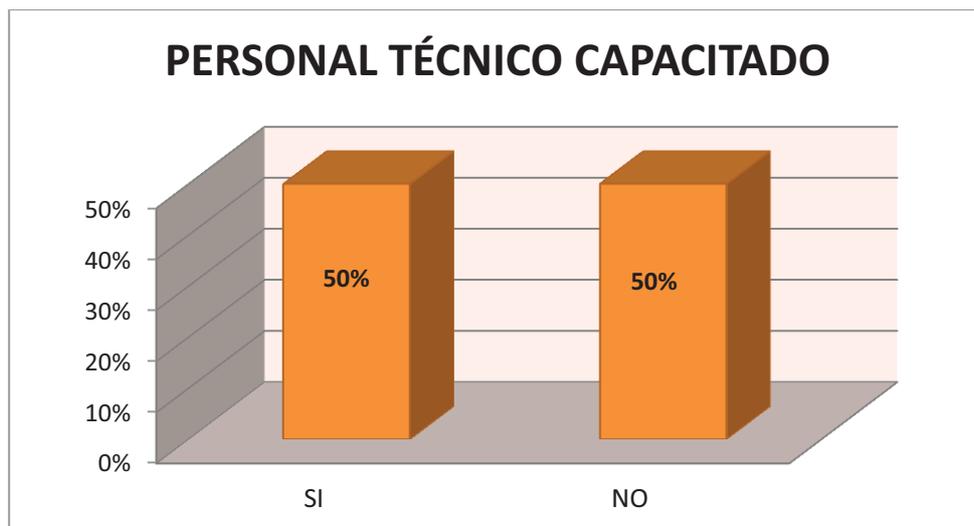
**Gráfico 3-30** Consideración que la programación actual se vería afectada con la migración a radio digital.

Se considera en este análisis que con las mejoras que se obtendrán con el cambio de tecnología analógica a la digital, la calidad y audiencia mejorarían lo que conllevaría a que posiblemente tengan un aumento de ingresos en cuanto a publicidad, este planteamiento se validó con los representantes de las radioemisoras, a los que se les preguntó, considera usted que aumentarían los ingresos respecto a publicidad, ya que con radio digital es posible la interactividad y transmisión de datos, de los cuales como se observa en el Gráfico 3-31, el 67% apoya la idea de que sus ingresos aumentarían y este sería un incentivo más para iniciar una migración, contra el 33% que opinan que este panorama no se daría en su situación, puesto que son radios con enfoque social donde no cobran por publicidad o porque simplemente no viven de este rubro puesto que son auspiciadas por otras radios en la banda FM (Frecuencia Modulada) o por otras instituciones.



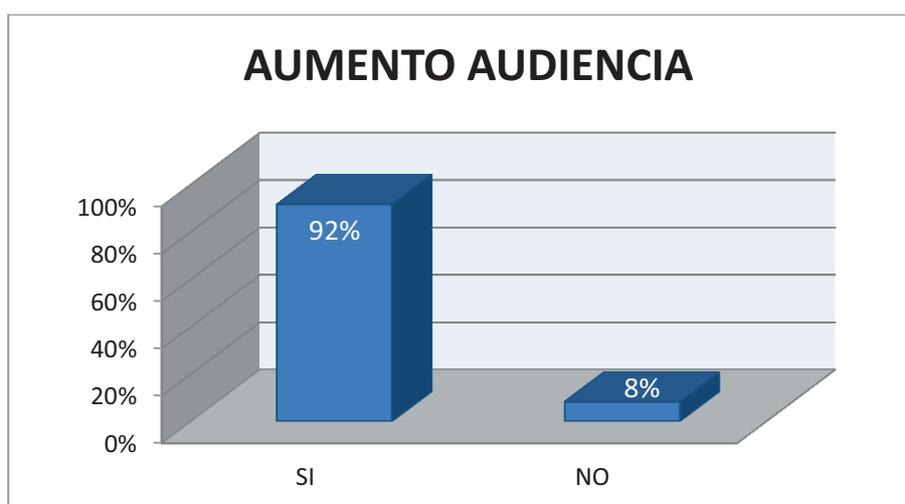
**Gráfico 3-31** Aumento los ingresos respecto a publicidad con las mejoras que se tendría en radio digital.

Ya que un alto porcentaje de los encuestados manifestó que tiene algún conocimiento en cuanto a radio digital, es importante conocer de primera mano, si el personal técnico que actualmente labora en las radioemisoras analógicas, está capacitado para el cambio de tecnología hacia transmisión digital, obteniendo una respuesta de que la mitad del personal que trabaja en radio analógica está capacitado para esta migración, y la otra mitad deberá capacitarse en el caso de que se realice este cambio tecnológico, como se observa en el Gráfico 3-32. Esta información es clave, puesto que indica que las radioemisoras tienen mucho interés en este cambio, como supo mencionar un representante, este es el sueño que están esperando ya hace muchos años, también es alentador estos porcentajes presentados, ya que demuestran que si se da la migración tecnológica no se tendría que cambiar de personal técnico, puesto que desde ya se están comenzando a capacitar, es decir no generaría desempleo entre los actuales técnicos que se encuentran en sus actividades de radio analógica.



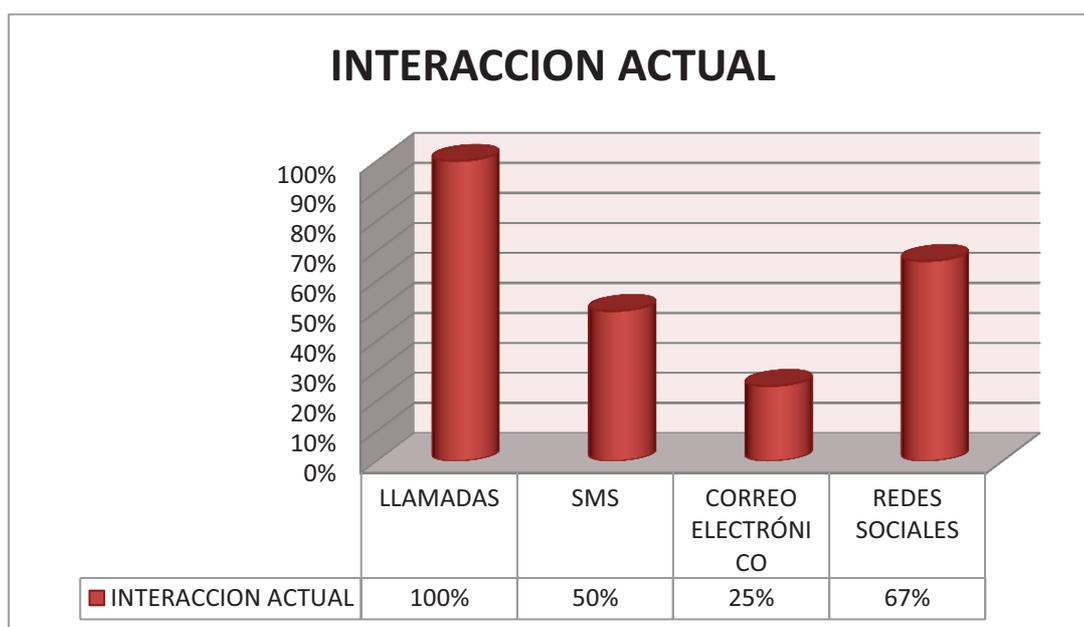
**Gráfico 3-32** Personal técnico a cargo de la estación está capacitado para el cambio tecnológico.

Manteniendo la idea de que con las mejoras que se tendría con radio digital la audiencia aumentaría, se planteó comprobar esta hipótesis con los representantes de las radioemisoras encuestados, donde se obtuvo una confirmación del 92% manifestando entre otras cosas, que toda mejora tecnológica va de la mano de beneficios, en este caso tanto para oyentes como para las radioemisoras, por otro lado el 8% dijo que no considera que se tendrá un aumento de audiencia, puesto que su misión social es llegar a poblaciones alejadas donde ya tienen audiencia definida.



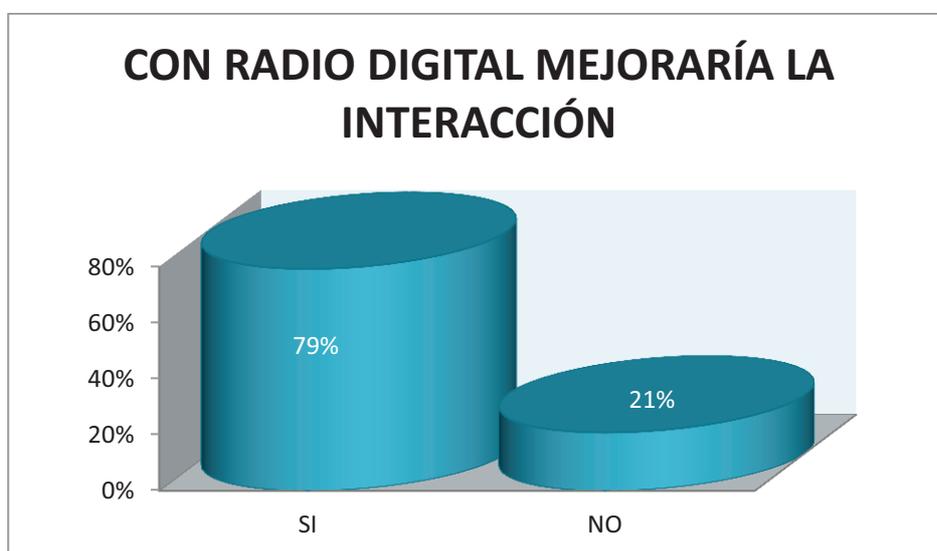
**Gráfico 3-33** Aumento de la audiencia gracias a los beneficios que conlleva el cambio de tecnología.

Es de mucho interés conocer cuál es la manera actual de interactuar la radioemisora con el oyente, por lo que se preguntó las maneras de comunicación, de lo que se concluye que todas las radioemisoras utilizan llamadas telefónicas para interactuar con su audiencia ya, que este es el medio de comunicación tradicional y se podría decir que el más personalizado, ya que se tiene respuesta instantánea entre las dos partes involucradas, como se aprecia en el Gráfico 3-34, la segunda forma actual de interacción entre las radioemisoras y los oyentes con un 67%, es por medio de las redes sociales, como es de conocimiento este medio tiene una gran influencia en la población, y ahora es uno de los medios de comunicación más utilizados, también se analiza que la mitad de las radioemisoras interactúa con los oyentes por medio de mensajes de texto, cabe mencionar que esta manera de interacción cada vez es menos utilizada, ya que tiene un costo por cada mensaje enviado y porque no se tiene una respuesta por este mismo medio, y por ultimo solo una cuarta parte de las radioemisoras interactúa con sus oyentes por medio de correos electrónicos, de igual forma como los mensajes de texto esta manera de interactuar cada vez disminuye, puesto que requiere tener una cuenta de correo electrónico y revisarla periódicamente, por un lado y por otro lado esta manera de comunicación está siendo reemplazada rápidamente por las redes sociales.



**Gráfico 3-34** Interacción actual entre las radioemisoras y los oyentes.

Considerando los limitantes en las actuales maneras de interacción con los oyentes, se preguntó a los representantes de las radioemisoras, si con la migración tecnológica, cree usted que mejoraría la interacción entre el oyente y su estación, de lo cual el 79 % de los encuestados manifiesta que con la transmisión de datos desde los receptores de radio digital, la interacción mejoraría notablemente, puesto que no se necesitaría otro medio de comunicación como teléfono o internet para poder comunicarse el oyente con la radioemisora; y el 21% considera que no mejoraría la interacción. Por el enfoque que tiene la radio sería complicado que ciertos grupos puedan acceder y manejar la nueva tecnología.



**Gráfico 3-35** Mejora de la interacción con la migración de tecnología en radio.

Desde el aspecto social la migración de tecnología mejoraría la misión social que llevan a cabo muchas radioemisoras hacia poblaciones rurales en las afueras de la ciudad de Quito, llegando a estas con una mejor calidad de señal y con una gran opción de interactividad con el oyente, para llevar a cabo de mejor manera sus proyectos sociales, por ello es de suma importancia que este proceso de cambio de tecnología se puede iniciar por parte del Gobierno Ecuatoriano, lo más pronto posible, ya que actualmente la tendencia de la radio en la banda AM (Amplitud Modulada) es a desaparecer.

Por el lado económico conlleva mucho beneficio tanto para las radioemisoras como para el gobierno la migración de tecnología a radio digital, puesto que se

reactivaría el uso de las frecuencias que se encuentran actualmente desperdiciadas en la banda AM (Amplitud Modulada) y la inversión en estas aumentaría, ya que con los beneficios que presenta, al audiencia crecería y la actividad comercial tendería a estar presente en este medio de comunicación.

## CAPÍTULO 4

### 4 FACTIBILIDAD TÉCNICA

Para el desarrollo de este capítulo, se toma como base el funcionamiento del software de simulación ICS Telecom, el cuál es una herramienta fundamental para el desarrollo de las actividades de la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), y por consiguiente será el tema de estudio, específicamente su funcionamiento para la radiodifusión analógica en AM (Amplitud Modulada), y se buscará la posibilidad de utilizar esta misma herramienta para lo que es la radiodifusión digital DRM.

#### 4.1 ICS TELECOM

Este software de simulación fue desarrollado y distribuido por la empresa francesa ATDI, la cual es una multinacional en la rama de las telecomunicaciones, y principalmente en áreas relacionadas con el diseño, la planificación y el uso de redes inalámbricas que operan en un rango de frecuencia de 10kHz a 450GHz<sup>58</sup>.

ICS Telecom es la herramienta de simulación indispensable para la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), ya que es capaz de modelar cualquier red de radio, sin importar cual sea su tamaño, desde la implantación local hasta la cobertura nacional. Se la utiliza para lo que son las predicciones de coberturas de la radiodifusión, tanto en FM Frecuencia Modulada) como en AM (Amplitud Modulada), y también para lo que se refiere a televisión digital, radioenlaces de microonda, entre otras utilidades.

##### 4.1.1 RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA EN AM

Como ya se explicó anteriormente, ICS Telecom trabaja con esta tecnología, por lo cual se procede a realizar la predicción de cobertura de la radiodifusora utilizada para nuestro estudio. Todos los datos que necesitamos, son provistos por la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), ya que ellos poseen los datos técnicos de cada una de la radiodifusoras del país entero.

---

<sup>58</sup> [www.atdi.com](http://www.atdi.com)

Lo primero que se debe realizar es abrir el programa en cuestión y cargar los archivos necesarios para su correcta ejecución, como lo son el mapa político del lugar a simular, en nuestro caso será el mapa político del Ecuador, este mapa debe ser el de las distintas elevaciones geográficas y el mapa topográfico del mismo; el clutter, que se refiere a los distintos tipos de suelos que se encuentran en el medio. Una vez cargados correctamente estos archivos se desplegará un mapa del Ecuador, y se procede a ubicar un transmisor.

Realizado esto, se presentará una ventana con opciones como las que se muestran a continuación desde la Figura 4-1 hasta la Figura 4-5.

**Figura 4-1** Parámetros de Simulación en AM (a)

Los datos a llenar son los siguientes, los demás se los deja en los valores por defecto que vienen cargados:

- Type: se escoge el tipo de Tx/Rx A(0), el cual se utiliza para *broadcasting*.

- Signal: MF-AM.
- Nominal Power: se pone los 5kW, pero como el casillero esta en W debemos colocar 5000, lo cual corresponde a la potencia de emisión.
- Tx ant gain: es la ganancia de la antena de transmisión en dBd, 3.02dBd.
- Rx ant gain: es la ganancia de la antena de recepción en dBd, 1dBd.
- Frequency: frecuencia a la que opera el transmisor en MHz, 0.820MHz.
- Antenna Height: altura de la antena en metros, 60m.
- Tx bandwidth: ancho de banda de transmisión en kHz, 10kHz.
- Rx bandwidth: ancho de banda de recepción en KHz, 10kHz.

Una vez llenados los casilleros antes mencionados, se procede con la siguiente pestaña y sigue como se indica en la Figura 4-2:

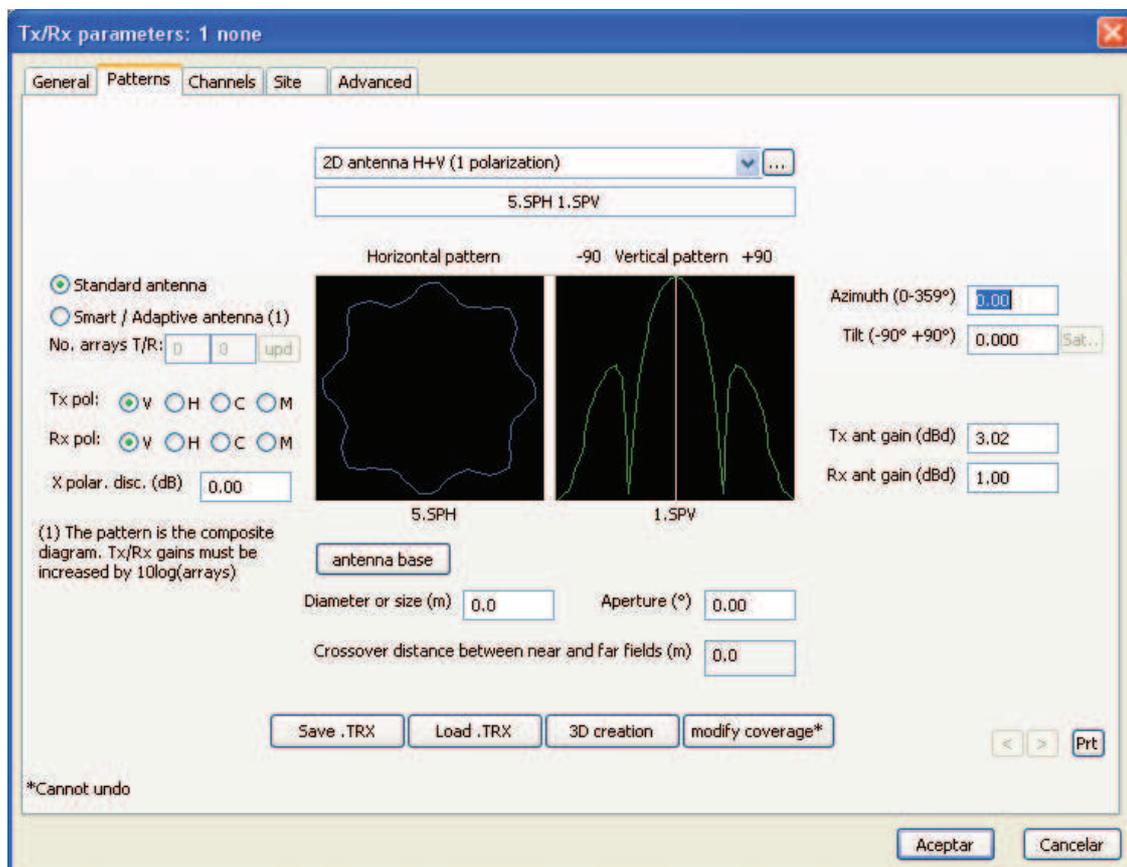


Figura 4-2 Parámetros de Simulación en AM (b)

Aquí se debe ubicar todos los parámetros correspondientes a la antena de transmisión, como lo son las polarizaciones horizontal o vertical y el azimuth, que para nuestro caso es cero.

Estos parámetros se escoge de acuerdo a las recomendaciones UIT-R BS.401-6 ANTENAS DE EMISIÓN PARA RADIODIFUSIÓN EN ONDAS KILOMÉTRICAS Y HECTOMÉTRICAS y UIT-R BS.1386-1 CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS DE LAS ANTENAS TRANSMISORAS EN ONDAS KILOMÉTRICAS Y HECTOMÉTRICAS.

Se continúa adelante con las configuraciones como se observa en la Figura 4-3, dejando esta pestaña con los valores predeterminados por el programa de simulación.

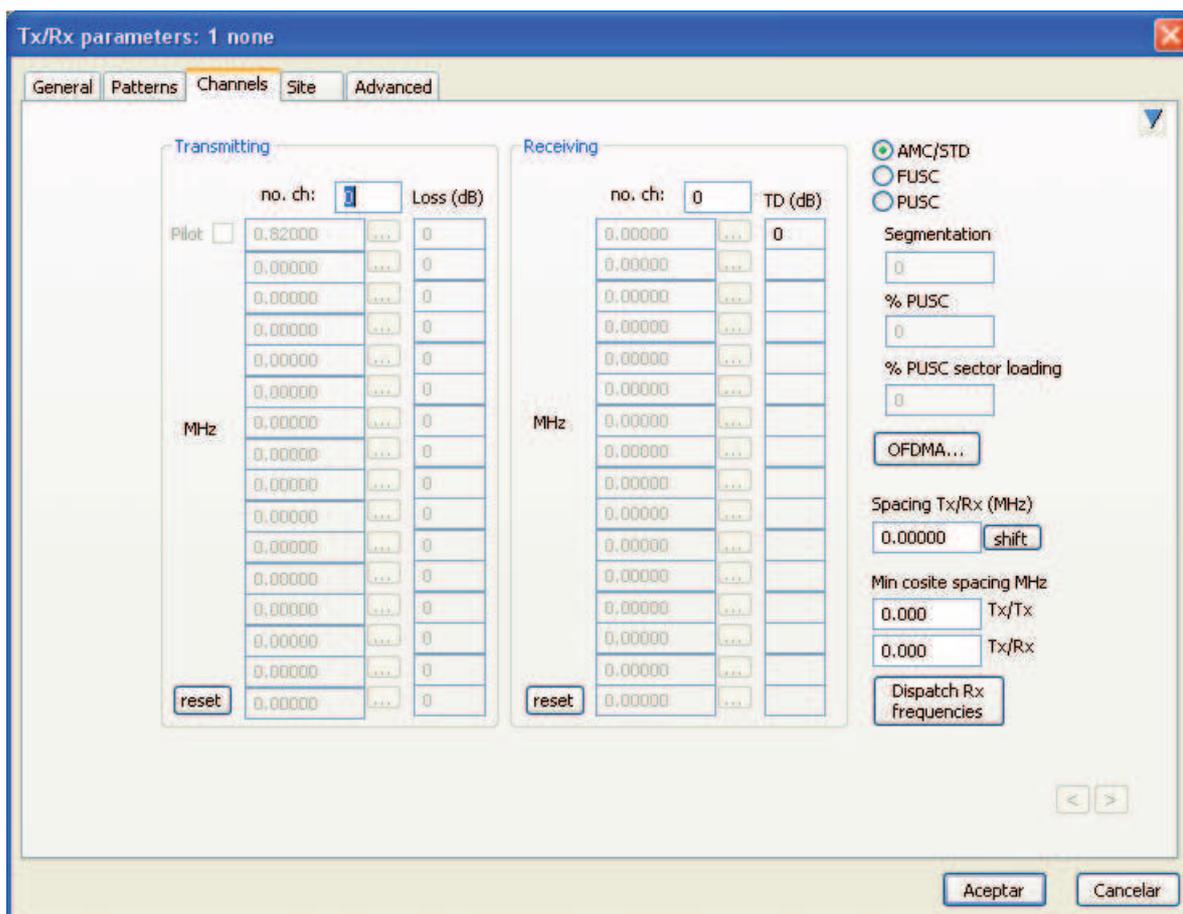
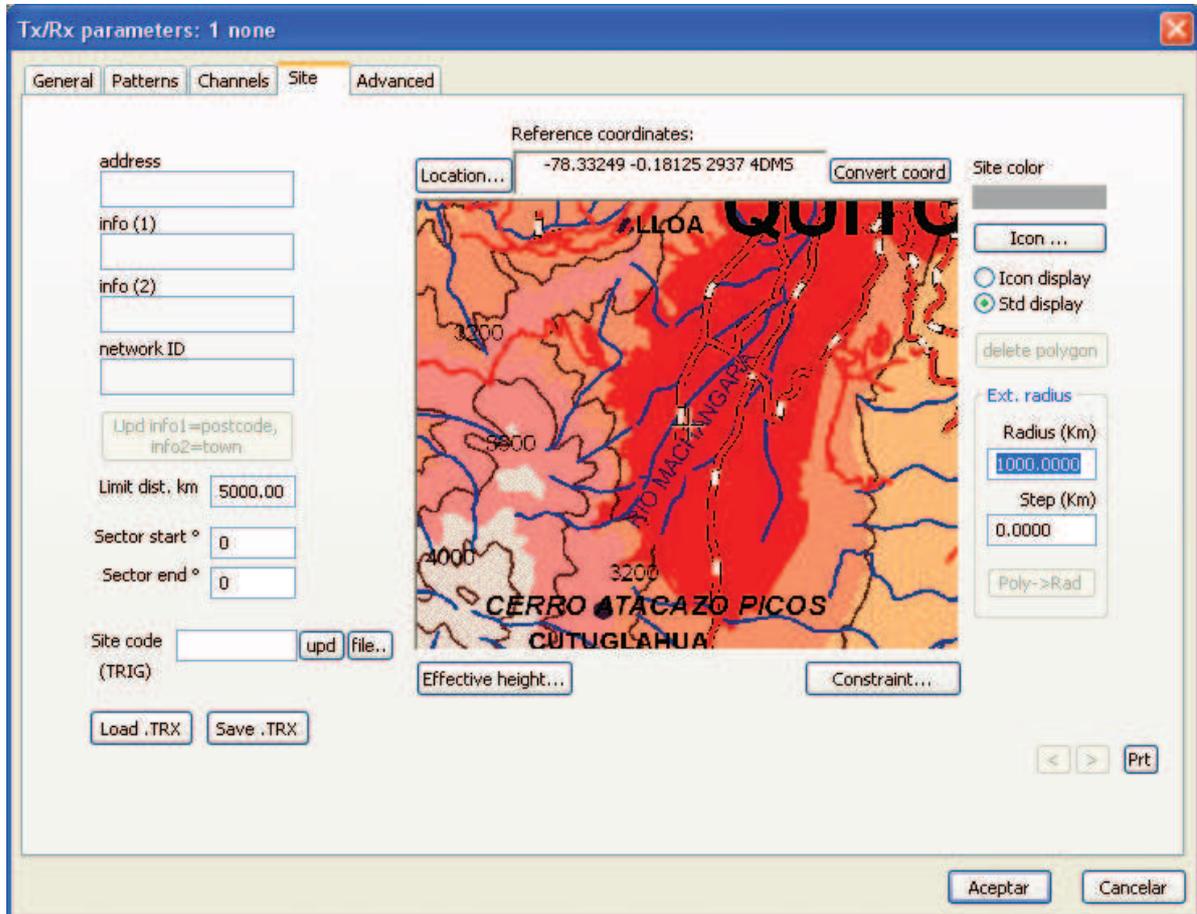


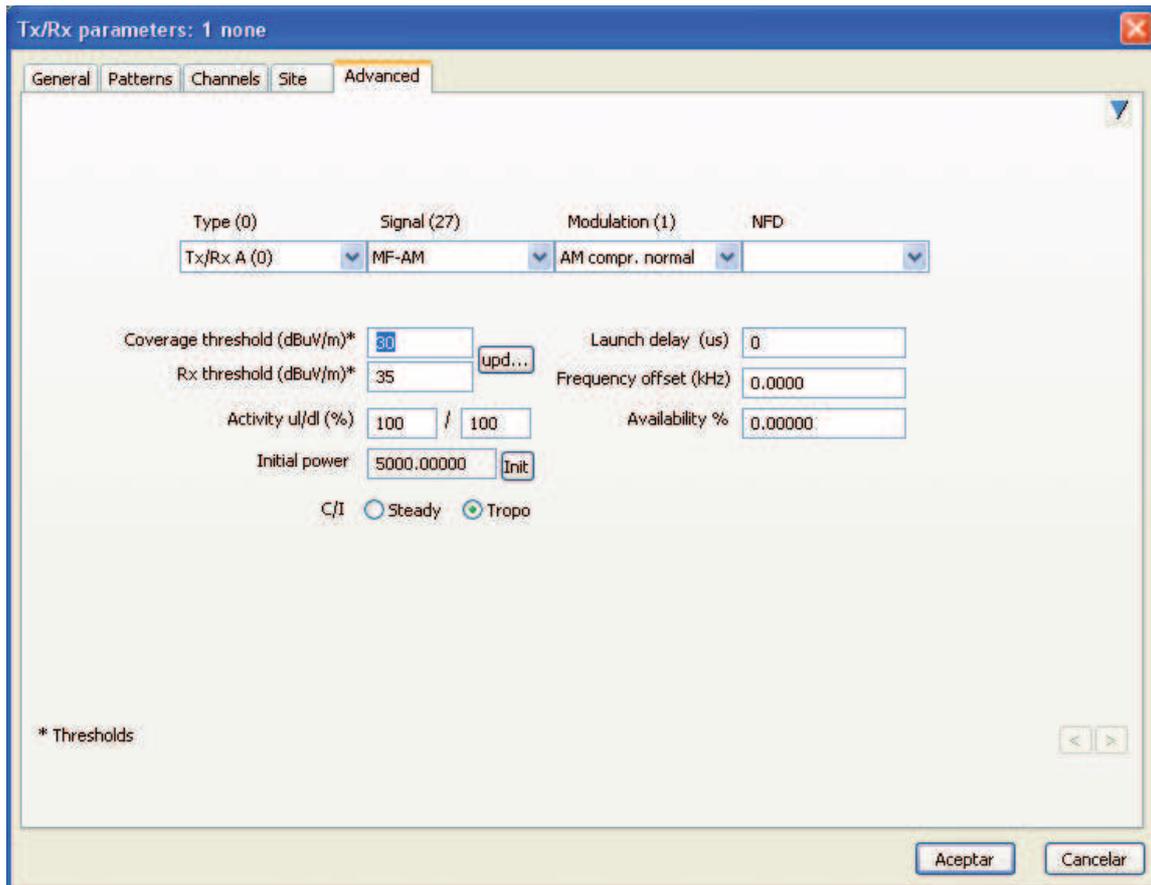
Figura 4-3 Parámetros de Simulación en AM (c)

En la siguiente pestaña de configuraciones se debe insertar las coordenadas en donde se encuentra ubicado el transmisor, para este caso las coordenadas son  $78^{\circ}33'24.9''\text{O}$  y  $0^{\circ}18'12.5''\text{S}$ , como se indica en la Figura 4-4:



**Figura 4-4** Parámetros de Simulación en AM (d)

Una vez realizado esto se continúa con la siguiente y última pestaña, como se puede observar en la siguiente Figura 4-5:



**Figura 4-5** Parámetros de Simulación en AM (e)

En esta sección se debe colocar en 30 el umbral de cobertura en dBuV/m, al aceptar se crea el transmisor con los datos insertados, los cuales han sido tomados de la ficha técnica de la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), en la zona indicada.

Pues bien ahora se procede a la simulación de la cobertura para este transmisor, considerando que primero se debe seleccionar el factor de barrido de la simulación en 10, esto más que todo es por requerimientos de hardware, caso contrario, el computador donde corre este software de simulación, podría no responder adecuadamente.

Se dirige a la parte de simulación y se debe llenar más datos, como lo son el método de propagación mostrado en la Figura 4-6, para este caso, se escoge la recomendación UIT R 368-7 CURVAS DE PROPAGACIÓN POR ONDA DE

SUPERFICIE PARA FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 10 kHz Y 30 MHz.

**Propagation models**

**Models**

- Fresnel method+
- Wojnar method
- Wien method...
- ITU-R 370...
- ITU-R 525
- ITU-R 525/526
- ITU-R 1225
- ITU-R 1546...
- ITU-R 368...
- ITU-1147...
- Medium frequency\*\*\*
- 3GPP-LTE (rural)
- 3GPP-LTE (urban)
- Okumura/Hata/Davids.
- Hata - Cost 231
- Cost 231 open...
- Code
- rural c:0,5,6,8,>11
- sub c:1,9,10,11
- urban c:2,3,4,7
- SUI method...
- > ITU-RP368-9
- Composite output\*

**Diffraction geometry**

- Bullington method
- Deygout 94 method
- ITU-R 526, round mask
- ITU-R 526, cylinders
- ITU-R 526, deygout
- ITU-R 1225
- Visibility / Indoor
- No diffraction loss
- Lateral diffraction
- Power correction (angle)
- ITU-R 452/1812 \*
- Time (0 to 50%) 50.000  
0=random

**Climate**

Earth radius km (land) 8500  
Earth radius km (sea) 8500

ITU-R 1820 gaz  
 ITU-R 676 gaz ITU-R 840 fog

Vapour 7.50 Water 0.321 g/m3  
hPa 1013 T° 15.01 C°

Rain att. ITU-R 838/530(!)  
 Rain att. Crane global zone

Rain rate (mm/h)(!!) 66.97 R 837  
Time (0.001 to 1) % 0.01000  
Isotherm 0°C 3.00 km

**Options**

Offset (dB) 0  
Field strength=E-offset

Use Tx/Rx effective heights  
 Flat earth profile sent to DLL

**Subpath attenuations**

- Standard (1)
- Coarse integration (2)
- Fine integration (3)
- Area (4)
- ITU-R 526
- Free ellipsoid (5)
- No subpath loss (6)
- Hybrid integration (std)
- Hybrid integration (fine)
- D factor (K\*) 0.0
- other subpath methods...
- FZ fraction 1.00
- Spherical wave

**Slope model coefficient**

A factor 1.0 B (dB) 0.0  
Attenuation (dB/km) 0.0000  
Diffraction correct. (dB) 0.00

**Reflections**

Rho (if no clutter) 0.500  
 3D coverage only options...

Reflection dist. limit (m) 20000  
Elevation filter > (m) 0

Ground reflections (minima/maxima)  
 Ground reflections (mn/mx flat earth)  
 Ground reflections (reflection point)

+ Rx: 50 or 75 ohms, dBd - (\*) If checked, only "FieldReceived" is returned (to be checked if internal diffraction/subpath model is selected)

Tips... save load Indoor... Clutter... Close

Figura 4-6 Modelos de propagación

Al escoger esta recomendación, se debe cargar los archivos que contienen la información tanto de conductividad como de permitividad del terreno, se carga una vez más el clutter, se cierra esta ventana y se continúa, se debe escoger la antena de  $\lambda/2$  y de impedancia de 50  $\Omega$ . Una vez realizado esto se procede a la simulación, la cual tomará unos minutos, el resultado se presenta a en el ANEXO IX.

En este gráfico, ANEXO IX, se observa la mancha que deja la cobertura del servicio, la cual se ve limitada por varios factores como son las diferentes altitudes presentes en el terreno, los distintos tipos de terrenos que cubre, etc.

Una vez obtenida la simulación de cobertura de esta radiodifusora, se procede a compararlos con las pruebas realizadas por la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), las cuales se ponen en consideración en la Tabla 4-1

**Tabla 4-1** Comparación de valores obtenidos en la simulación y en pruebas de AM

Coordenadas de la Ubicación de los Puntos de Prueba		Valores de Potencia [dBuV/m]		Error	
Latitud	Longitud	Pruebas	Simulación	Absoluto	Relativo
00°02'56" S	78°20'32" W	61,8	73	11,2	18,12%
00°02'02.8" S	78°16'53" W	62,5	73	10,5	16,80%
00°01'12.4" S	78°15'18.6" W	61,8	73	11,2	18,12%
00°02'52.8" N	78°13'4.1" W	61,8	68	6,2	10,03%
00°00'17.3" N	78°17'31.2" W	60	69	9	15,00%
00°02'32.6" S	78°25'41" W	66,9	68	1,1	1,64%
00°02'1.3" S	78°27'10.1" W	63,6	74	10,4	16,35%
00°00'16.3" N	78°17'28.0" W	58,89	69	10,11	17,17%
00°03'15.3" N	78°18'15.8" W	60,83	64	3,17	5,21%
00°03'18.4" N	78°20'11.5" W	62,6	67	4,4	7,03%
00°00'32.9" S	78°34'16.99" W	60,83	72	11,17	18,36%
00°01'22.4" N	78°24'00.7" W	53,06	63	9,94	18,73%
00°04'28.3" N	78°24'21.9" W	52,46	63	10,54	20,09%
00°06'32.4" N	78°25'25.8" W	45,1	64	18,9	41,91%
00°05'23.2" N	78°25'55.2" W	42,23	64	21,77	51,55%
00°03'30.4" N	78°26'48.6" W	42,23	67	24,77	58,65%
00°00'23.2" S	78°26'59.0" W	48,62	72	23,38	48,09%
00°01'37.6" S	78°27'09.1" W	59,23	72	12,77	21,56%
00°16'18.0" S	78°32'03.1" W	93,5	100	6,5	6,95%
00°11'23" S	78°25'26" W	76,4	86	9,6	12,57%
00°19'25.8" S	78°32'18.4" W	95,3	105	9,7	10,18%
00°14'24.6" S	78°29'34.2" W	90,6	92	1,4	1,55%
00°17'33.2" S	78°31'11.7" W	95,4	100	4,6	4,82%
00°13'28.0" S	78°20'41.8" W	67,2	82	14,8	22,02%
00°11'28.2" S	78°20'21.6" W	66,8	82	15,2	22,75%
00°09'55.5" S	78°20'40.7" W	69,4	82	12,6	18,16%
00°07'29.2" S	78°21'38.8" W	73,4	80	6,6	8,99%
00°09'45.6" S	78°19'14.8" W	68,3	81	12,7	18,59%
0° 31'7.6" S	78°.35'58.3" W	66	76	10	15,15%
0° 30'34.5" S	78°32'25.2" W	76	80	4	5,26%
0° 31'11.2" S	78°31'56.9" W	72	79	7	9,72%

Coordenadas de la Ubicación de los Puntos de Prueba		Valores de Potencia [dBuV/m]		Error	
0° 30'0.2" S	78°32'25.9" W	73	79	6	8,22%
0°26'52.7" S	78°39'3.2" W	55	79	24	43,64%
0° 26'43.4" S	78°37'3.9" W	65	82	17	26,15%
0° 34'20.9" S	78°35'53.0" W	67	72	5	7,46%
0° 36'49.2" S	78°35'54.1" W	61	70	9	14,75%
0°26'44.20" S	78°37'44.50" W	60	81	21	35,00%

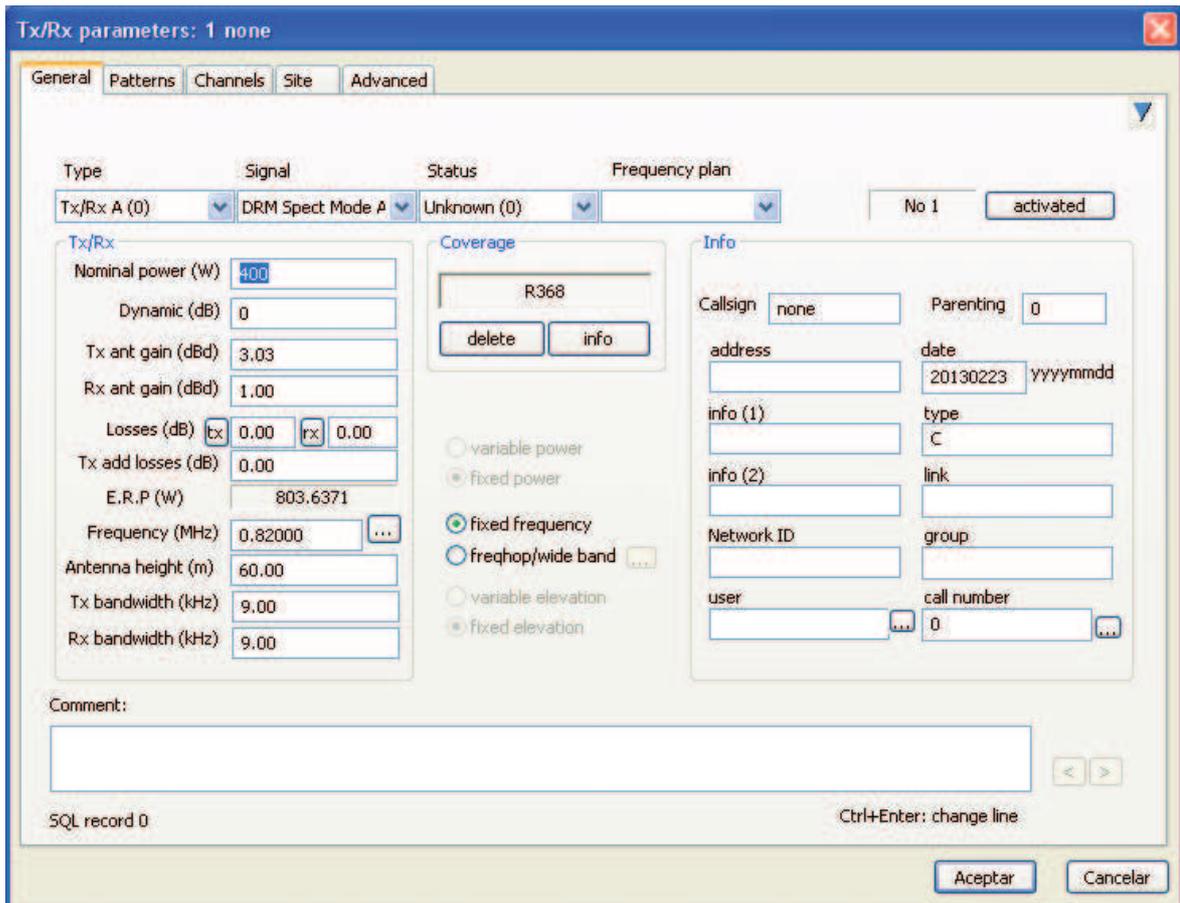
Como se puede observar claramente en la Tabla 4-1, el error relativo en su mayoría es muy grande y digno de ser considerado, esto se debe a que no se tiene datos exactos de algunos parámetros como lo son: las pérdidas reales que se tienen en la propagación de las ondas electromagnéticas, los valores de permitividad y conductividad en los distintos tipos de terrenos que se presentan a medida que avanzan estas ondas, etc.

Pero también se ve que en algunos puntos este error se lo puede considerar como aceptable, lo cual indicaría que se logra una simulación cercana a la realidad.

#### 4.1.2 RADIODIFUSIÓN DIGITAL DRM

ICS Telecom, al ser una versión relativamente nueva, funciona correctamente con algunas, por no decir todas las tecnologías digitales, y explorando el mismo, se ve que si funciona con el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*).

Al igual que en la simulación para la radio en la banda AM (Amplitud Modulada) analógico, se procede a cargar los mismos archivos que se mencionaron en la anterior simulación y que son necesarios para el arranque del mismo. Igualmente se dirige a ubicar un transmisor, y se procede a insertar los valores con los cuales se está trabajando en la vida real, cabe recalcar que muchos de estos valores son los mismos a los que se insertó para el caso de la simulación en analógica, como se observa desde la Figura 4-7 hasta la Figura 4-11.



**Figura 4-7** Parámetros de Simulación DRM (a)

Se puede observar que la Figura 4-7 es la misma ventana que se presenta en la Figura 4-1, lo único que cambia es el tipo de señal que ahora es DRM (*Digital Radio Mondiale*), por lo que se selecciona esta opción en el simulador, y el valor de la potencia de transmisión que es de 1KW, los demás valores son los mismos que en AM (Amplitud Modulada).

De igual manera la Figura 4-8, la Figura 4-9 y la Figura 4-10 son las mismas que la Figura 4-2, la Figura 4-3 y la Figura 4-4, respectivamente; ya que se está utilizando la misma antena para realizar las pruebas y el estudio que es de interés, los parámetros insertados para la anterior simulación en digital no varían, como se puede observar a continuación.

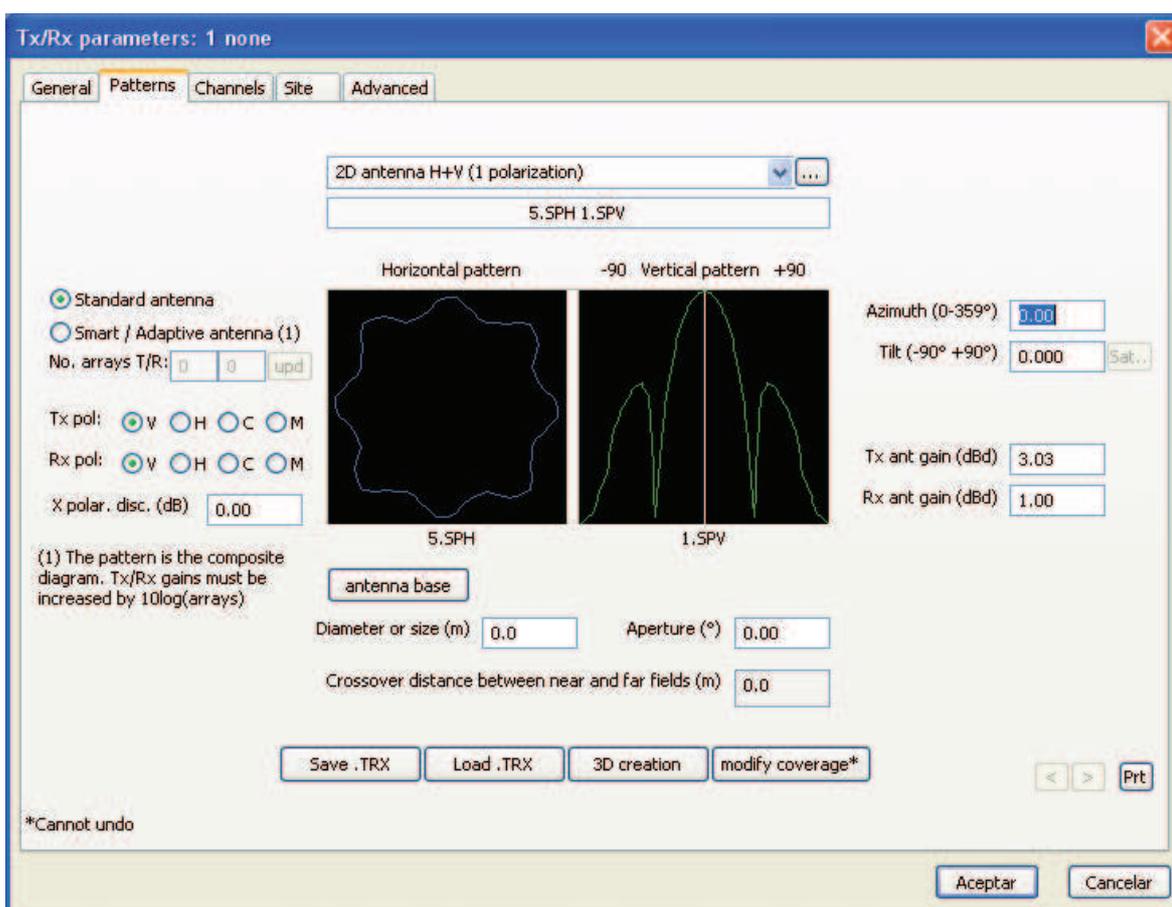


Figura 4-8 Parámetros de Simulación DRM (b)

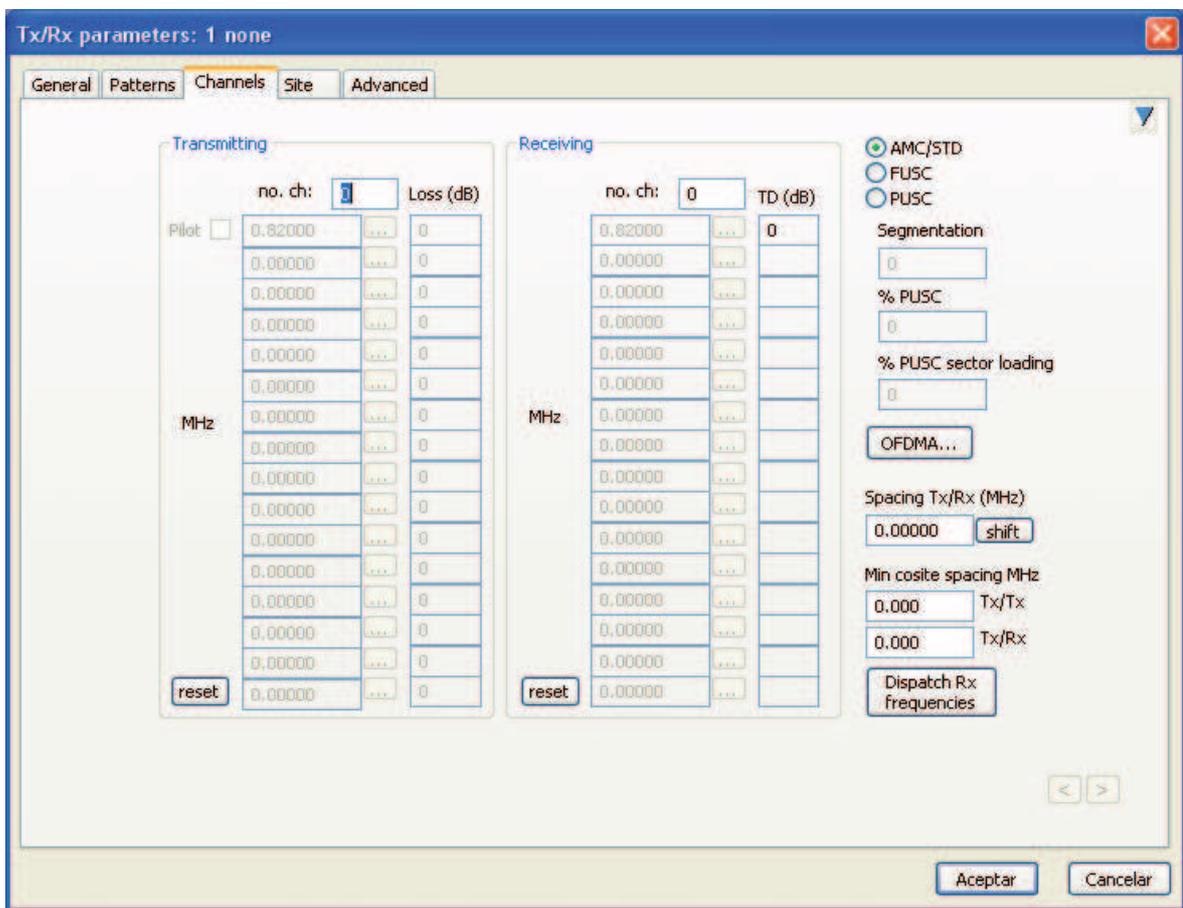
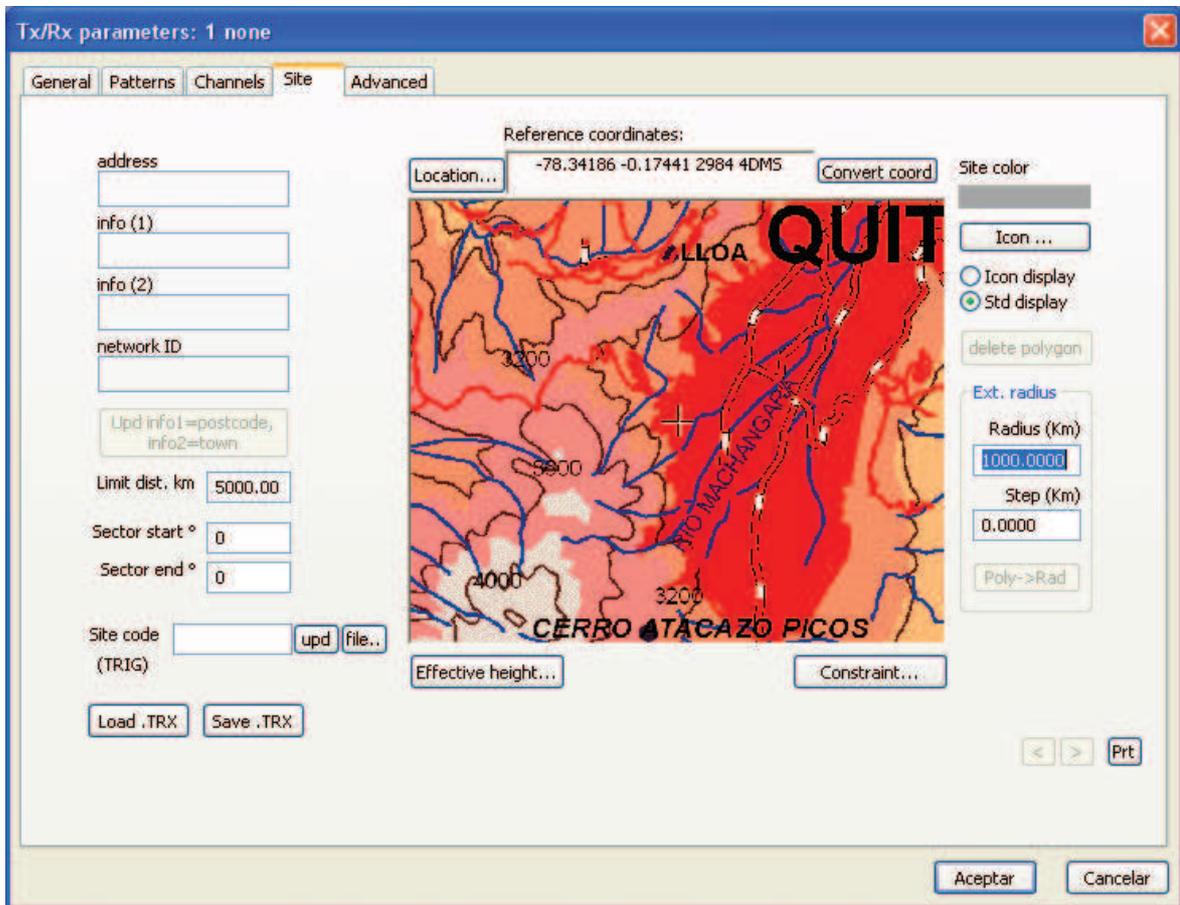


Figura 4-9 Parámetros de Simulación DRM (c)



**Figura 4-10** Parámetros de Simulación DRM (d)

A modo de comparación, se ve que a diferencia de la Figura 4-5 la Figura 4-11, tiene muchos más parámetros y valores a ser tomados en cuenta para la transmisión.

Por ejemplo, en la pestaña presentada en la Figura 4-11, se debe escoger el tipo de modulación a utilizar, para el caso de esta simulación con el estándar DRM (*Digital Radio Mondiale*) será 64-QAM, todos los otros parámetros se dejan en los valores por defecto, excepto el del umbral de cobertura, el cual estará en 30 dBuV/m.

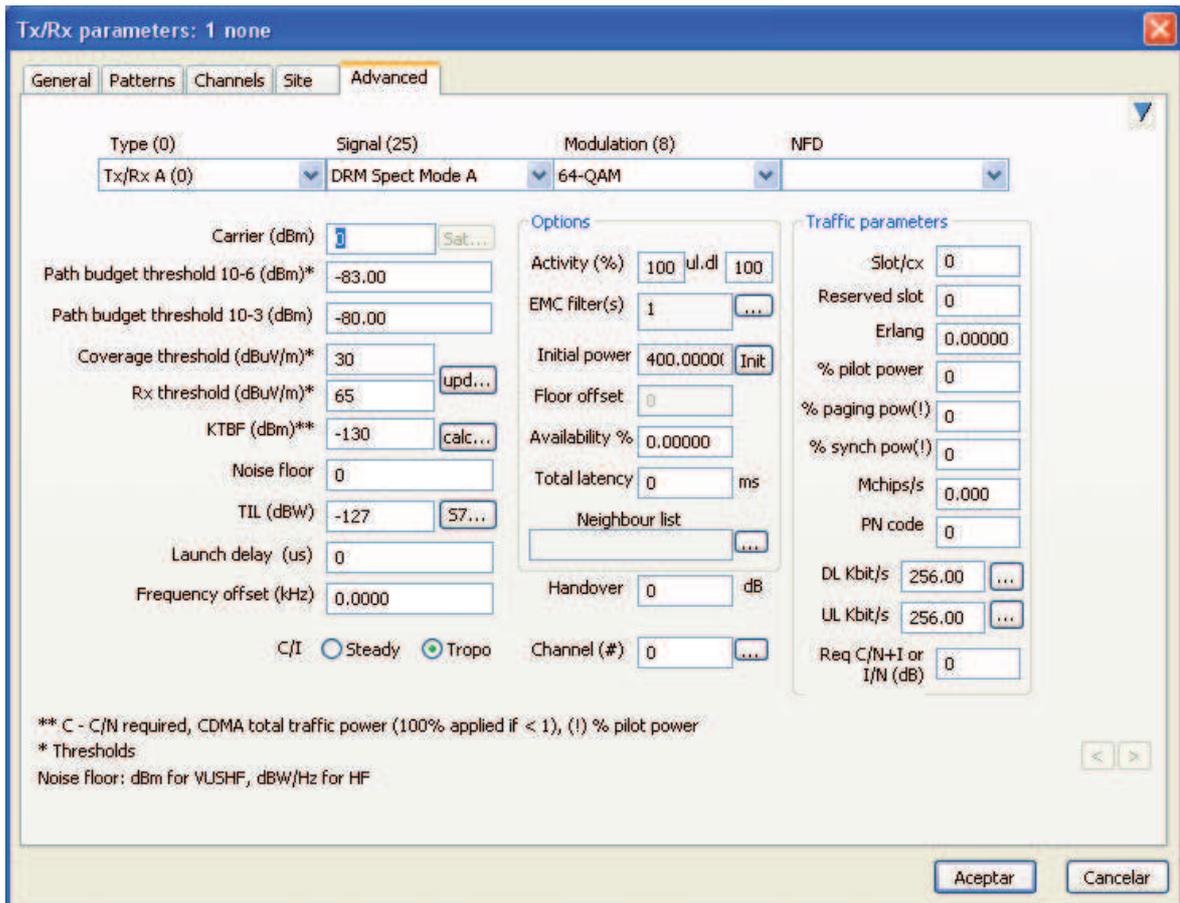


Figura 4-11 Parámetros de Simulación DRM (e)

Como se ve, los pasos son un tanto repetitivos, claro está que se debe tener en cuenta los valores a utilizar, dependiendo de los requerimientos, por tal motivo se procede de la misma forma para la simulación de la cobertura con DRM (*Digital Radio Mondiale*), como lo hecho con AM (Amplitud Modulada).

Siguiendo los lineamientos de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), es necesario utilizar la recomendación UIT-R BS.1615-1 PARÁMETROS DE PLANIFICACIÓN PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL EN FRECUENCIAS INFERIORES A 30 MHZ. Aquí se debe poner mucha atención y observar la Figura 4-6, en donde se ven los modos de propagación, de los cuales dispone el programa, nótese que la recomendación requerida no se encuentra cargada en el mismo, con lo cual no podemos realizar la simulación requerida.

Para efectos de prueba se realizó la simulación como que se tratara de AM (Amplitud Modulada), es decir con la Recomendación UIT-348, cuyo gráfico se presenta en el ANEXO XII, y que tiene la misma forma, solo que un poco más pequeño que AM (Amplitud Modulada).

Comprobando los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, los cuales se muestran en la Tabla 4-2, se procede a compararlos con la simulación.

**Tabla 4-2** Comparación de valores obtenidos en la Simulación y Pruebas de DRM

UBICACIÓN PUNTOS DE PRUEBA		VALORES DE POTENCIA (dBm)		ERROR	
PUNTOS		SIMULACIÓN	PRUEBAS	ABSOLUTO	RELATIVO
PUNTO 1	FUNDEPORTE	7	6.9	0.08	1.16%
PUNTO 2	GUAMANI	26	25.2	0.79	3.11%
PUNTO 3	INIAP	18	17.4	0.60	3.42%
PUNTO 4	TAMBILLO	8	6.7	1.33	19.90%
PUNTO 5	ALOAG	1	0	1.00	0.00%
PUNTO 6	SIMON BOLIVAR ALTURA PARQUE METROPOLITANO DEL SUR (SAN MARTIN DE PORRAS)	9	8.2	0.82	10.04%
PUNTO 7	SIMON BOLIVAR A LA ALTURA DEL PUENTE DE GUAJALO	36	35.7	0.27	0.76%
PUNTO 8	PARQUE LINEAL DE SOLANDA	38	37.1	0.91	2.46%
PUNTO 9	LA VILLAFLORES RODRIGO DE CHAVEZ	45	44.1	0.90	2.04%
PUNTO 10	LA BASILICA	30	28.5	1.50	5.28%
PUNTO 11	ITCHIMBIA	54	53.0	0.98	1.85%
PUNTO 12	BELLAVISTA	10	9.5	0.48	5.03%
PUNTO 13	PARQUE LA CAROLINA	15	14.7	0.33	2.24%
PUNTO 14	PLAZA DE TOROS	16	13.2	2.78	21.03%
PUNTO 15	PARQUE BICENTENARIO	20	19.4	0.63	3.27%
PUNTO 16	PARQUE INGLÉS	5	3.0	1.99	66.14%
PUNTO 17	CAPELO	35	34.7	0.28	0.80%
PUNTO 18	CUMBAYA	32	31.3	0.73	2.34%
PUNTO 19	OYAMBARILLO CERCA DE PIFO	29	28.5	0.53	1.85%
PUNTO 20	YARUQUI	37	36.3	0.74	2.04%

UBICACIÓN PUNTOS DE PRUEBA		VALORES DE POTENCIA (dBm)		ERROR	
<b>PUNTO 21</b>	EL QUINCHE	38	37.2	0.83	2.24%
<b>PUNTO 22</b>	VIA PAPALLACTA	20	19.4	0.60	3.11%
<b>PUNTO 23</b>	PINTAG	25	24.8	0.23	0.92%
<b>PUNTO 24</b>	PUENTE TRES	28	27.6	0.35	1.27%

Vemos que los resultados obtenidos concuerdan con la intensidad recibida, que se muestra en el mismo gráfico del ANEXO XII.

Esto se refiere a que los puntos tomados se encuentran en el interior o casi el borde del área de cobertura obtenida en el gráfico del ANEXO XII, el cual al igual que el ANEXO IX se ve limitado por los mismos obstáculos, es decir las diferentes altitudes del terreno en cuestión.

## CAPÍTULO 5

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis Técnico Socio-Económico para la Migración de radiodifusión analógica a radiodifusión digital para la banda AM en Quito, utilizando el estándar DRM, se concluye que existe la predisposición tanto de parte de los propietarios de las radiodifusoras como por parte de los oyentes a formar parte de la posible implementación de esta nueva tecnología y por consiguiente su migración.
- Se concluye que el estándar DRM es el mejor que se adapta a las necesidades del país ya que trabaja en la misma banda de frecuencia, trabaja con varios anchos de banda lo cual permite una flexibilidad y adaptabilidad al tipo de servicio que se desee prestar, entre otras ventajas que lo hacen sobresalir sobre los otros sistemas existentes.
- Se concluye que para una posible migración los cambios o los posibles equipos a comprar son mínimos ya que al trabajar en la misma banda de frecuencia el equipo transmisor se lo conserva y solo se debe cambiar el equipo de codificación, ya que se necesitar digitalizar la voz y adicionalmente adjuntar datos que luego serán transmitidos a la par.
- Se concluye que en base a las pruebas realizadas, la calidad de servicio recibido con esta nueva tecnología es superior a la actual, lo cual sin duda es un factor determinante para los usuarios y radiodifusores al momento de tomar la decisión de aceptar formar parte de este posible cambio tecnológico.
- La radiodifusión en AM de mantenerse como está hasta ahora, estará determinada a desaparecer ya que la calidad del servicio que se recibe es muy mala por no decir pésima, ya que es muy propensa a ser víctima de interferencias y mezclarse con ruido, pero que por ser la única forma de información en los sectores rurales, en los cuales no se recibe otro tipo de

medio de comunicación, es la única razón por la cual aún se mantiene con vida y aun sigue operando, y por esta misma razón es necesario hacer algo para que la radiodifusión en AM vuelva a resurgir y garantizar el acceso universal de la población a las TICs, tal y como se encuentra en la constitución nacional.

- Se concluye que el software de simulación que dispone la SUPERTEL es conveniente y necesario para el cálculo de la proyección de cobertura de las emisoras, pero que para el presente caso no se lo cumplió a la perfección ya que no se contó con la recomendación requerida e indispensable para el correcto cálculo.
- La constante evolución e innovación tecnológica hacen que los requerimientos de las personas cada vez sean más acorde a la realidad en que viven, lo cual se hace cada vez más difícil solventarlos con tecnologías que se van quedando en el tiempo, lo cual marca la necesidad de una migración tecnológica.
- Los sistemas digitales a parte del servicio actual que recibimos, nos brindarán otros servicios adicionales, con lo cual se podrá tener más adeptos a estos servicios y lo hará más atractivo.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Publicar información concerniente a las nuevas tecnologías existentes y que se podrían implementar en el Ecuador para que tanto proveedores como usuarios de los servicios tecnológicos estén al tanto de la realidad mundial en este aspecto y sepan cómo actuar ante el gran apagón analógico que se aproxima.
- Crear y proporcionar medios de financiamientos para la adquisición de nuevos equipos para el cambio que significa la migración tecnológica.

- Crear una norma regulatoria para los nuevos sistemas tecnológicos digitales para tener claras las reglas del juego.
- Crear programas de incentivos para que todos los medios de comunicación que trabajan en AM opten por la migración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### TESIS

- [1] CADENA, Luis; VÁSQUEZ, Diego, Migración de la Radiodifusión Analógica a la Radiodifusión Digital por debajo de los 30 MHz en el País. Quito. 2007
- [2] CADENA, Christian; TACURI, Darío, Estudio comparativo de los aspectos técnicos de los Estándares de Radiodifusión Digital Terrestre IBOC (In-band-on-channel), DAB (Digital Audio BRoadcasting), ISDB-TSB (Japan's Digital Radio BRoadcasting) y DRM (Digital Radio Mondiale) a considerarse, para su posible implementación en el País. Quito. 2009.
- [3] PUENTE, María, Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en el Ecuador. Quito. 2005.

### PÁGINAS WEB

- [1] <http://www.promax.es/downloads/docs/pdf/DABHistory-Spanish.pdf>, (Fecha de ingreso: Agosto 2012)
- [2] <http://www.televisiondigital.electronicafacil.net/Sections-article5-p1.html>, (Fecha de ingreso: Agosto 2012)
- [3] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/157/2/Capitulo%201.pdf>, (Fecha de ingreso: Agosto 2012)
- [4] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/157/3/Capitulo%202.pdf>, (Fecha de ingreso: Agosto 2012)
- [5] <http://es.scribd.com/doc/64946787/10/%C2%B71-DAB-Eureka>, (Fecha de ingreso: Agosto 2012)

- [6] [http://coitt.es/res/revistas/Antena164\\_07a\\_Reportaje\\_La\\_onda.pdf](http://coitt.es/res/revistas/Antena164_07a_Reportaje_La_onda.pdf), (Fecha de ingreso: Agosto 2012)
- [7] <http://www.nrsstandards.org/Reports%20ref%20docs/iBiquityAM%20test%20data%20report/Appendixarev02am.pdf>, (Fecha de ingreso: Agosto 2012)
- [8] [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1514-1-200210-S!!MSW-S.doc](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1514-1-200210-S!!MSW-S.doc), (Fecha de ingreso: Febrero 2013)
- [9] <http://www.atdi.com>, (Fecha de ingreso: Febrero 2013)