

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“ANÁLISIS TÉCNICO-TEÓRICO SOBRE LA DIGITALIZACIÓN DE LA
RADIODIFUSIÓN SONORA APLICANDO EL ESTÁNDAR DIGITAL RADIO
MONDIALE (DRM) EN LA EMISORA UNIVERSITARIA DEL DEPARTAMENTO DE
COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL Y TELEVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE”**

AUTOR: SINTHYA ELIZABETH TOCAGÓN BONILLA

DIRECTOR: ING. DANIEL JARAMILLO

IBARRA - ECUADOR

MARZO 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	1003196860
Apellidos y Nombres	Tocagón Bonilla Sinthya Elizabeth
Dirección	Otavalo, Barrio San Vicente, panamericana Vía Selva Alegre
E-mail	sintyka@hotmail.com
Teléfono móvil	0980195051
DATOS DE LA OBRA	
Título	“ANÁLISIS TÉCNICO-TEÓRICO SOBRE LA DIGITALIZACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN SONORA APLICANDO EL ESTÁNDAR DIGITAL RADIO MONDIALE (DRM) EN LA EMISORA UNIVERSITARIA DEL DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL Y TELEVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”
Autor	Tocagón Bonilla Sinthya Elizabeth

Fecha	Marzo del 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Daniel Jaramillo

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Tocagón Bonilla Sinthya Elizabeth, con cedula de identidad Nro. 100319686-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma:

Nombre: Sinthya Tocagón

Cedula: 100319686-0

Ibarra. Marzo 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, TOCAGÓN BONILLA SINTHYA ELIZABETH, con cedula de identidad Nro. 100319686-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: **“ANÁLISIS TÉCNICO-TEÓRICO SOBRE LA DIGITALIZACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN SONORA APLICANDO EL ESTÁNDAR DIGITAL RADIO MONDIALE (DRM) EN LA EMISORA UNIVERSITARIA DEL DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL Y TELEVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de: INGENIERO EN ELECTRÓNICA REDES DE COMUNICACIÓN., en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Tocagón Bonilla Sinthya Elizabeth

100319686-0

Ibarra, Marzo 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

INGENIERO DANIEL JARAMILLO, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación **“ANÁLISIS TÉCNICO-TEÓRICO SOBRE LA DIGITALIZACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN SONORA APLICANDO EL ESTÁNDAR DIGITAL RADIO MONDIALE (DRM) EN LA EMISORA UNIVERSITARIA DEL DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL Y TELEVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**, Ha sido desarrollado por la Srta. Tocagón Bonilla Sinthya Elizabeth bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "D. Jaramillo", is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and includes a large loop at the top.

Ing. Daniel Jaramillo

100154514-2

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

Yo, TOCAGÓN BONILLA SINTHYA ELIZABETH declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Marzo del 2016

EL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sinthya', is written over a horizontal dashed line.

Tocagón Bonilla Sinthya Elizabeth

CI: 100319686-0



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado para mis padres y mis hermanos, quienes han estado conmigo en cada momento, por su apoyo incondicional, por sus palabras y gestos de amor que han reconfortado mi vida.

Gracias por tus fuerzas Dios.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor incondicional para mí, porque cada día me ha enseñado a confiar en él y su fuerza espiritual me han mantenido de pie en los momentos más difíciles de mi vida.

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional día tras día, por su afecto y cariño, pero sobre todo por alentarme a cumplir una meta más en mi vida.

Agradezco a mis hermanos por compartir conmigo momentos especiales y hacer de mi vida placentera y dichosa.

Agradezco a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones por la apertura oportuna y su gentil ayuda en este proceso de titulación.

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	V
CONSTANCIAS	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
CONTENIDO	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XX
RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXIII
PRESENTACIÓN	XXV
CAPÍTULO 1	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR	1
1.2 PROBLEMÁTICA	1
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 ALCANCE	4
1.5 JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO 2	7
2.1 MARCO TEÓRICO: TECNOLOGÍA Y EQUIPOS	7
2.2 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	7
2.3 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	12
2.4 SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN	15
2.4.1 SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN TERRENAL	16

2.4.2 SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE	17
2.4.3 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN TRANSMISOR DE SEÑAL.....	18
2.4.4 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN RECEPTOR DE SEÑAL	18
2.4.5 SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES	19
2.4.6 TRANSMISIONES DIGITALES Y ANALÓGICAS.....	20
2.4.7 RADIODIFUSIÓN AM.....	21
2.4.7.1 Ventajas de la radiodifusión AM	23
2.4.7.2Desventajas de la radiodifusión AM	24
2.4.7.3 Tipos De Modulación AM.....	24
2.4.8 RADIODIFUSIÓN FM	25
2.4.8.1 Canalización de la Banda de FM.....	29
2.4.8.2Grupos De Frecuencias	30
2.4.8.3Análisis del espectro en Banda FM.....	31
2.4.8.4 Ventajas de la radiodifusión FM.....	33
2.4.8.5 Desventajas de la radiodifusión FM.....	33
2.5 RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL	33
2.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE RADIO DIGITAL	35
2.5.2 ESTRUCTURA DE UN CODIFICADOR.....	36
2.5.3 COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)	37
2.5.4 SFN REDES DE FRECUENCIA ÚNICA	40
2.5.4.1 Ventajas	42
2.5.4.2 Desventajas.....	43
2.5.5 RADIODIFUSIÓN DIGITAL DAB.....	43
2.5.5.1 Características y Ventajas según la página oficial de DAB son:	44
2.5.5.2 Desventajas de DAB:	45
2.5.6 RADIODIFUSIÓN DIGITAL IBOC	45
2.5.6.1 Características y Ventajas:	47
2.5.6.2 Desventajas:	48
2.5.7 ISDB-T	48
2.5.7.1 Principales características	49
2.5.8 RADIODIFUSIÓN DIGITAL DRM.....	51
2.5.8.1 Canalización de DRM +	54
2.5.8.2Análisis del Espectro de DRM +.....	55

2.5.8.3 Características y Ventajas de los sistemas DRM:.....	57
2.6 COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL.....	58
2.7 SOFTWARE DE PREDICCIÓN DE COBERTURA.....	61
2.7.1 RADIO MOBILE.....	62
2.7.1.1 Características	62
2.7.1.2 Requerimientos	63
2.7.1.3 SRTM - SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION	63
2.7.2 ICS TELECOM	64
2.7.3 LICENCIA ICS TELECOM	65
2.7.4 CARACTERÍSTICAS DE ICS TELECOM	66
2.7.4.1 Diseño y Planificación Integral.....	66
2.7.4.2 Radioenlaces punto a punto y punto a multipunto.....	66
2.7.4.3 Redes Móviles.....	67
2.7.4.4 Funcionalidades específicas 3G	67
2.8 IMÁGENES DE REDES DE RADIO	69
2.8.1 IMÁGENES EN 3D	69
2.8.2 ANÁLISIS DE POSIBLES INTERFERENCIAS.....	70
2.9 SISTEMAS Y EQUIPOS	71
2.9.1 SISTEMA DE EMISIÓN	71
2.9.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	73
2.9.3 SISTEMA DE RECEPCIÓN	74
2.10 VALOR AGREGADO DE LA RADIO DIGITAL	75
CAPÍTULO 3	80
3.1 PROPUESTA DE DIGITALIZACIÓN DE LA RADIO UNIVERSITARIA APLICANDO EL ESTÁNDAR DRM.	80
3.1.1 INTRODUCCIÓN	80
3.2 DISEÑO ACTUAL DE LA RADIO DEL CANAL UNIVERSITARIO	83
3.2.1 SISTEMA DE EMISIÓN	84
3.2.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	86
3.2.3 DISPOSITIVO DE RECEPCIÓN.....	88
3.2.4 Características de Enlace	88

3.3 ANALISIS DE DRM30 Y DRM+ PARA DISEÑO DE COBERTURA	92
3.4 DISEÑO DE LA RADIO CON EQUIPAMIENTO DRM EN ESTACIÓN DE RADIO UNIVERSITARIA	94
3.4.1 ESQUEMA DEL SISTEMA DE EMISOR CON DRM.....	94
3.4.2 ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN CON DRM	96
3.5 DISEÑO DE COBERTURA RADIO MOBILE.....	97
3.6 DISEÑO DE COBERTURA ICS TELECOM	99
3.6.1 DESCRIPCIÓN DE USO.....	99
3.6.1.1 DTM: Modelo Digital Terreno	99
3.6.1.2 Imagen del Mapa	100
3.6.1.3 PAL: Paleta de Colores	100
3.6.1.4 SOL: Capa CLUTTER	101
3.6.2 PROCEDIMIENTO PARA SIMULACIÓN DE COBERTURA.....	102
3.6.3 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	105
3.6.4 TABLA COMPARATIVA DE PRUEBAS ENTRE DRM Y FM	115
CAPÍTULO 4	117
4.1 COSTO ESTIMADO DE EQUIPAMIENTO Y BENEFICIOS.	117
4.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL	118
4.3 COSTOS DE LOS RECEPTORES DRM.....	121
CAPÍTULO 5	122
ANÁLISIS REGULATORIO.....	122
5.1 INTRODUCCIÓN	122
5.2 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	122
5.3 REGLAMENTACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR.....	123
5.4 CONSIDERACIONES PARA LA REGULACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL EN EL PAÍS	124
5.4.1 NORMATIVA DRM POR LA ETSI	124
5.4.2 CONSIDERACIONES DE REGULACION EN ECUADOR	125
5.5 CONCESIÓN DE FRECUENCIAS DE RADIODIFUSIÓN.....	127
5.5.1 PROPUESTA DE TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS	127

5.5.2 TARIFAS POR DERECHOS DE OTORGAMIENTO PARA RADIODIFUSIÓN.....	130
5.5.3 PAGOS DE CONCESIÓN DE EMPRESAS PÚBLICAS	131
CAPÍTULO 6	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	132
6.1 CONCLUSIONES	132
6.2 RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
GLOSARIO	137
ANEXOS	140
ANEXO 1.....	141
DIGIDIA Modulador DRM +	141
DIGIDIA Servidor de Contenidos DRM+	142
DIGIDIA DRM Transmisor.....	143
ANEXO 2.....	144
Manual de Configuración ICS TELECOM	144
Interfaz de Entrada de datos ICS TELECOM.....	144
Simulación y Pruebas	153
ANEXO 3.....	156
ITU – R BS.401 - 6.....	156
ANEXO 4.....	158
Receiver Profile 1 – Standard Radio Receiver	158
Receiver Profile 2 – Rich Media Radio Receiver	159
ANEXO 5.....	160
INFORME TÉCNICO N° DCE-R-2014-110	160
ANEXO 6.....	180
ANEXOS DE LOS VALORES DE PRIORIZACIÓN POR SERVICIO Y CANTON SUMINISTRADO POR ARCOTEL	180
ANEXO 7.....	188
GRUPOS DE FRECUENCIAS PARA DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN EN EL TERRITORIO NACIONAL	188

ANEXO 8.....	190
Estaciones de radiofrecuencia a nivel nacional.....	190

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bandas de Frecuencia.....	10
Figura 2. Propagación de Ondas Terrenas.....	13
Figura 3. Propagación por onda espacial.....	14
Figura 4. Propagación por onda reflejada.....	15
Figura 5: Esquema de Radiodifusión Terrestre	16
Figura 6: Esquema de Radiodifusión Satelital	17
Figura 7. Esquema de Transmisor de Señal.	18
Figura 8. Esquema de un Receptor de señal.	19
Figura 9: Señal Analógica	19
Figura 10: Señal Digital.....	20
Figura 11 : Sistema básico de comunicaciones	20
Figura 12: Sistema de Transmisión Digital	21
Figura 13. Señal Portadora	22
Figura 14. Señal de Audio de Baja Potencia	22
Figura 15: Resultado de la señal AM estructurada por la portadora y onda de audio.	23
Figura 16. Señal de Audio	25
Figura 17. Portadora	26
Figura 18. Resultado de la señal FM estructurada por la portadora y la señal de audio.	26
Figura 19: Grafico de Distancia al Horizonte.....	28
Figura 20: Sistema de comunicación - radio digital	34
Figura 21. Diagrama de Bloques Sistema de Radio Digital	35
Figura 22. Diagrama de Bloques de un Codificador	36
Figura 23: Ejemplo de Efecto Doppler.....	39
Figura 24: Funcionamiento COFDM	39
Figura 25: Esquema de Funcionamiento redes SFN	41
Figura 26. Sistema DAB comúnmente denominado EUREKA 147.	43

Figura 27. Sistema AM IBOC.....	46
Figura 28. Sistema FM IBOC.....	47
Figura 29. Bandas de frecuencia en las que opera DRM.....	52
Figura 30. Modos de Funcionamiento de DRM.....	53
Figura 31. Simple Cadena de Radiodifusión DRM.....	54
Figura 32. Vista en 3D generada con Radio Mobile	62
Figura 33. Imagen 3D ICS TELECOM.....	70
Figura 34. Análisis Posibles Interferencias	70
Figura 35. Micrófonos USB digital	71
Figura 36. Extraído de Mezclador Digital	72
Figura 37. Consola de Audio Digital.....	72
Figura 38. Amplificador Digital	73
Figura 39. Transmisor Digital	73
Figura 40. Receptor de Radio Digital.....	74
Figura 41. Valor Agregado en Radio Digital	76
Figura 42. LOGO APP DIVEEMO	77
Figura 43. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO	78
Figura 44. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO	79
Figura 45. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO	79
Figura 46. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO	79
Figura 47. Ubicación Geográfica de la Estación Terrena UTN	81
Figura 48. Torre de la estación universitaria en el cerro Cotacachi	82
Figura 49. Estación de Radiodifusión en la Universidad Técnica del Norte.....	83
Figura 50. Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Emisión	84
Figura 51: Equipo Internos Radio universitaria	85
Figura 52: Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Transmisión ..	86
Figura 53: Equipo de Radioenlace – Estación Cerro Cotacachi.....	87
Figura 54: Equipo de Radioenlace – Estación Cerro Cotacachi.....	87
Figura 55: Dispositivo de Recepción - Hogar	88
Figura 56: Antena YAGI de Transmisión enlace STL	90
Figura 57: Equipo Radioenlace	90
Figura 58. Área de Cobertura	91

Figura 59. Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Emisión con DRM.....	95
Figura 60. Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Transmisión con DRM.....	96
Figura 61. Enlace topográfico de la radio UTN	97
Figura 62. Enlace Vista desde GOOGLE MAPS	98
Figura 63: Representación de un Modelo Digital Terreno.....	99
Figura 64: Imagen del Mapa Físico ICS TELECOM.....	100
Figura 65: ICS TELECOM carga de mapas para simulación de cobertura.....	101
Figura 66: Mapa físico del ecuador ICS TELECOM	102
Figura 67: Ubicación geográfica de la estación TX/RX.....	103
Figura 68: Cambio de parámetros	104
Figura 69: Añadiendo TX/RX para diseño de cobertura en ICS TELECOM	104
Figura 70: Prueba de Parámetros actuales para FM	105
Figura 71: Prueba de Patrón de radiación para FM	106
Figura 72: Procedimiento para cálculo de cobertura	107
Figura 73: Parámetros de predicción de cobertura	107
Figura 74: Predicción de cobertura con FM	108
Figura 75: Prueba para el cambio de FM a DRM+	109
Figura 76: DRM como estándar de transmisión.....	109
Figura 77: Antena según diagrama ITU R-1851	111
Figura 78: Seleccionamos Polarización de Antena	112
Figura 79: Ubicación del sistema TX/RX para predicción de cobertura.....	112
Figura 80: Cálculo de cobertura	113
Figura 81: Calculo en distancia y altura para diseño de cobertura.....	113
Figura 82: Visión de Cobertura DRM	114
Figura 83: Comparación de áreas de Cobertura (izquierda FM) – (derecha DRM).....	115
Figura 84: Mapa de Cobertura DRM - Muestra la distribución DMR en el Mundo.....	126
Figura 85: Respuesta de Tarifa actual vs. Ingresos de los concesionarios	129
Figura 86: Modulador DRM+.....	141
Figura 87: Servidor de Contenido DRM+	142
Figura 88: Transmisor DRM	143
Figura 89: ICS TELECOM carga de mapas para simulación de cobertura.....	144

Figura 90: ICS TELECOM carga de mapas para simulación de cobertura.....	145
Figura 91: Mapa físico del ecuador ICS TELECOM	146
Figura 92: Ubicación geográfica de la estación TX/RX.....	147
Figura 93: Cambio de parámetros	148
Figura 94: Cambio de parámetros	148
Figura 95: Añadiendo TX/RX para diseño de cobertura en ICS TELECOM	149
Figura 96: DRM como estándar de transmisión.....	150
Figura 97: Antena según diagrama ITU R-1851	151
Figura 98: Seleccionamos Polarización de Antena	152
Figura 99: Ubicación del sistema TX/RX para predicción de cobertura.....	152
Figura 100: Cálculo de cobertura	153
Figura 101: Calculo en distancia y altura para diseño de cobertura.....	154
Figura 102: Visión de Cobertura DRM.....	154
Figura 103 : ARCOTEL Cobertura Analógica.....	167
Figura 104 : ARCOTEL Cobertura real analógica.....	167
Figura 105 – ARCOTEL Prediccion de área de cobertura.....	173
Figura 106 – ARCOTEL Simulación de los 12 puntos fijos.....	174
Figura 107 – ARCOTEL Audio Spectrum.....	176
Figura 108 – ARCOTEL Densidad Espectral	176
Figura 109 – ARCOTEL Magnitud del Espectro.....	177
Figura 110 – ARCOTEL densidad espectral.....	177

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nomenclatura de Bandas de Frecuencia	8
Tabla 2. Relación Potencia-Ganancia en FM	27
Tabla 3: Relación de Potencia y Alcance de Transmisión	29
Tabla 4: Canalización de la Banda FM	29
Tabla 5: Canalización de la Banda FM	31
Tabla 6. Sistemas De Radiodifusión Digital	58
Tabla 7. Parámetros de ajustes Software ICS TELECOM	67
Tabla 8. Parámetros de propagación y difracción de ICS TELECOM	68
Tabla 9. Parámetros de cobertura, atenuación ICS TELECOM	68
Tabla 10. Parámetros adicionales ICS TELECOM	68
Tabla 11. Datos de Ubicación Cerro Cotacachi UTV	80
Tabla 12. Parámetros Radioenlace UTV	81
Tabla 13. Datos de Ubicación Estación UTV	82
Tabla 14. Parámetros adicionales de Montaje de antenas	89
Tabla 15. Modos de Transmisión DRM30	92
Tabla 16. Modos de Transmisión DRM30	93
Tabla 17. Parámetros Estación Radio UTV	97
Tabla 18. Resultados de Pruebas de enlace Cerro Cotacachi - UTV	98
Tabla 19. Equipos DRM+	116
Tabla 20. Equipos DRM+	117
Tabla 21. Equipos Microondas	118
Tabla 22. Equipos Complementarios	118
Tabla 23. Costos Equipos DRM	119
Tabla 24. Equipos de enlace microondas	119
Tabla 25. Equipos complementarios para uso digital	120
Tabla 26. Resumen de Costos Equipos para digitalización	120
Tabla 27. Receptor DRM	121
Tabla 28. Resumen de Equipos Totales	121
Tabla 29. Tabla de valores para el Índice β servicio	129
Tabla 30. Ubicación de Sistemas de Prueba	165

Tabla 31. Tabla de Cobertura Analógica.....	166
Tabla 32. Coordenadas con Software GOOGLE EARTH sobre Edificios.	168
Tabla 33. Pruebas de Cobertura con HCJB y ARCOTEL.....	169
Tabla 34. Comparación con Predicción Teórica y Pruebas Realizadas.	170
Tabla 35. Resultados de Mediciones 2012	172
Tabla 36. Tabla de Coordenadas de Puntos de Cobertura.	173
Tabla 37. Tabla de características de operación del sistema digital	174
Tabla 38. Tabla de las Mediciones realizadas.	175
Tabla 39. Tabla de Pruebas DRM	178
Tabla 40. Tabla de comparación AM entre Calidad y Degradación de la Señal.....	178
Tabla 41. Tabla de Mediciones de la Frecuencia de HCJB	179
Tabla 42. Valores por Servicio ARCOTEL.....	180
Tabla 43. Tabla de la Base de datos SIRATV	190

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ganancia máxima de la antena	27
Ecuación 2: Teorema de Pitágoras	28
Ecuación 3: Uso espectral.....	31
Ecuación 4: Saturación del Espectro	32
Ecuación 5: Ecuación de fuente de sonido	38
Ecuación 6: Uso espectral.....	55

RESUMEN

Este proyecto se desarrolla con la finalidad de tener un uso eficiente del espectro de frecuencias ya que actualmente se encuentra saturado en las principales provincias, por tal razón se realiza un estudio de nuevas tecnologías de radiodifusión digital que además de fomentar de forma teórica cada definición de los sistemas de radiodifusión digital y los costos asociados en el proyecto se efectúa una proyección de cobertura de la digitalización usando el estándar DRM DIGITAL RADIO MONDIALE.

CAPÍTULO 1

En este capítulo se muestran algunos de los antecedentes de la radiodifusión en la estación universitaria ubicada en la Universidad Técnica del Norte. Todo lo relacionado con la problemática, objetivos, justificación y alcance.

CAPÍTULO 2

En este capítulo se lleva a cabo una búsqueda en diferentes fuentes bibliográficas y revistas electrónicas, sobre los fundamentos de la radio difusión analógica FM y la normativa técnica para el servicio de radio en el país, además del análisis de los distintos estándares de radiodifusión digital que existe en el mundo y el proceso de digitalización y características en base al estándar DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE)

CAPÍTULO 3

En este capítulo se muestra la propuesta de migración de la tecnología analógica a la digital, además del diseño actual de la radio difusión analógica y sus cambios para el funcionamiento de la emisión digital aplicando esta nueva tecnología, también se detalla el uso del software ICS TELECOM para realizar la predicción de cobertura en la estación universitaria.

CAPÍTULO 4

En este capítulo se abordan temas de costos en base a equipos DRM+, elementos que pueden ser usados en el proceso de digitalización, estos costos son aproximaciones que se tiene en base a la búsqueda de varios fabricantes. Además se detalla las características y funcionamiento en el proceso de transición como su funcionamiento totalmente digital.

CAPÍTULO 5

En este capítulo se realiza un análisis de la situación actual a nivel nacional y sobre las normativas de radiodifusión que existe a nivel mundial y se especifica la regulación y las consideraciones que se debe tomar en cuenta para un nuevo estándar digital en el Ecuador, además de la concesión de frecuencias para servicios de radiodifusión aprobada por la agencia de regulación y control de telecomunicaciones.

ABSTRACT

This project is developed in order to have an efficient use of the frequency spectrum and which is currently saturated in major provinces, for this reason a study of new digital broadcasting technologies also encourage theoretically each definition is made digital broadcasting systems and associated costs in the project a projection of coverage scanning is performed using the digital Radio Mondiale DRM standard.

CHAPTER 1

In this chapter some of the history of broadcasting in university Technical University Station North is. Everything related to the problem, objectives, rationale and scope.

CHAPTER 2

This chapter carried out a search in different literature sources and electronic journals on the basics of radio analogue broadcasting FM and technical standards for radio service in the country, besides the analysis of the different standards of digital broadcasting exists in the world and the scanning process and features based on standard DRM (Digital Radio Mondiale)

CHAPTER 3

In this chapter the proposal migration analogy to digital displays, in addition to the current design of analogue broadcasting and changes to the operation of the digital broadcast using the new radio technology, software usage ICS is detailed TELECOM for predicting coverage in the university station.

CHAPTER 4

This chapter addresses issues of costs based on equipment DRM +, elements that can be used in the scanning process, these costs are approximations that is based on the search for several manufacturers. Besides the characteristics and performance in the transition process as its fully digital operation is detailed below.

CHAPTER 5

This chapter provides an analysis of the current situation is done at national level and on policy broadcasting exists worldwide and regulation and considerations that should be taken into account for a new digital standard in Ecuador is specified, plus the allocation of frequencies for broadcasting services agency approved by the regulation and control of telecommunications.

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se hace énfasis a la migración de sistemas analógicos a sistemas digitales, tal es el caso de un sistema en FM para la migración a un sistema digital como lo es DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE).

Se detallan las definiciones y características de este sistema digital, además de las pruebas realizadas con sistemas AM que han dado buenos resultados en el campo de la radiofrecuencia y la migración de estos sistemas a la era digital y por tal motivo este proyecto tiene mucho que ver en este cambio.

Las pruebas de predicción de cobertura simuladas que se realiza en base a software han facilitado de gran manera los procesos de cálculo e indagación de información y de esta manera se puede generar simulaciones más reales y precisas.

CAPÍTULO 1

1.1 ANTECEDENTES DE LA RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR.

La radiodifusión en Ecuador tiene su origen en el año de 1929 en la provincia de Chimborazo, en donde su primera emisión de radiodifusión fue desde una estación radial conocida como “EL PRADO” prestando así su servicio a la ciudadanía ecuatoriana.

Esta transmisión tenía un alcance de más o menos 60 metros y para sus inicios se transmitió pocas horas diarias por varios días, en ese entonces no existía regulación que rigiera para ese tipo de transmisiones, únicamente se les asignaba una identificación la cual era, para ECUADOR, SE1GF.

"La radio es, sin lugar a dudas, el medio de comunicación más extraordinario y maravilloso de nuestro siglo. Ningún otro consigue hacerle competencia. La radio informa, entretiene, acompaña. Es multivalente y multi-situacional como ningún otro medio. Ni el cine, ni la televisión, ni el video, a pesar de la extraordinaria ventaja visual que gozan respecto de la radio, consiguen su valor cotidiano, su valor emotivo, e incluso su valor político".(Bassets, 1951)

1.2 PROBLEMÁTICA

La radiodifusión sonora es un medio de comunicación altamente difundido a nivel mundial y en el país ocupa un gran número de frecuencias de emisión, esto se debe a que el servicio de difusión que se transmite en el Ecuador es totalmente analógico, ya sea que este asignando en banda AM o FM, provocando la

saturación del espectro de frecuencias, especialmente en las principales ciudades del país, de esta manera es necesario establecer un análisis técnico-teórico para la digitalización de la radio, ya que ofrecerá mayor eficiencia a la emisora y a la comunidad.

Actualmente, en el Departamento de Comunicación Organizacional y Televisión de la Universidad Técnica del Norte; la emisión de la radiodifusión sonora es transmitida a través de la banda FM hacia las provincias de Carchi e Imbabura, ocasionando que el área de cobertura sea limitada y que además ocupe un gran ancho de banda. La falta de interés en el área de radiodifusión y su poco apoyo en el uso de nuevas tecnologías, provocan que este medio de comunicación no brinde mayor cobertura y calidad de transmisión.

Mediante el análisis técnico- teórico de la radiodifusión digital aplicando el estándar; Digital Radio Mondiale (DRM) en la estación Universitaria, se realizará un diseño de cobertura y la ubicación correcta del transmisor digital, la propuesta mejorará el uso del espectro radioeléctrico, el área de cobertura efectivo, mayor calidad de audio, además de ofrecer una mínima cantidad de potencia al transmitir. También, se realizará un análisis técnico y económico en cuanto a los equipos que se emplearán para su futura implementación.

El espectro radioeléctrico es un recurso limitado en el Ecuador, por tal motivo se busca alternativas de solución mediante el estudio del estandar Digital Radio Mondiale; el mismo que proporcione mayor fidelidad y calidad de sonido. Es necesario que la radiodifusión sonora en la estación universitaria tome impulso hacia la digitalización y de esta manera poder acceder a las TICS; siendo ahora un derecho esencial de todo ciudadano Ecuatoriano.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis técnico-teórico sobre la digitalización de la radiodifusión sonora aplicando el estándar Digital Radio Mondiale (DRM) para impulsar la implementación de la tecnología digital y el desempeño del estándar, estos resultados servirán como referencia para la SUPERTEL y el Departamento de Comunicación Organizacional y Televisión de la Universidad Técnica del Norte.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la situación actual de la estación de radiodifusión sonora en la Universidad Técnica del Norte, con la finalidad de impulsar la digitalización de la emisora universitaria y aprovechar los recursos que la tecnología nos ofrece.
- Investigar los conceptos y las características del estándar DIGITAL RADIO MONDIALE para destacar su desempeño en la transmisión de radiodifusión digital y los equipos técnicos que intervendrán en la transición de radiodifusión analógica a radiodifusión digital.
- Diseñar el área de cobertura utilizando el estándar DIGITAL RADIO MONDIALE, mediante el software ICS-Telecom para determinar los parámetros de planeación y proyección específicos que servirá como guía para la digitalización de la emisora universitaria.
- Realizar el costo estimado de los equipos y elementos que intervendrán para la migración de radiodifusión analógica a la radiodifusión digital, además destacar los beneficios que la tecnología ofrecerá a la institución universitaria.

- Analizar las consideraciones generales para la reglamentación del servicio de radiodifusión digital utilizando el estándar Digital Radio Mondiale para su futura implementación.

1.4 ALCANCE

Con la finalidad de conocer la situación actual de la radiodifusión sonora en el Departamento de Comunicación Organizacional y Televisión de la Universidad Técnica del Norte, se realizó varias visitas técnicas para determinar los parámetros de transmisión y los problemas que atraviesa la estación universitaria ya que actualmente transmite a través del sistema de frecuencia modulada (FM).

Para el estudio de los principales componentes de transmisión de radiodifusión digital y los equipos técnicos que se emplearan para la transición de tecnología se requerirá; la ayuda de libros, el internet y revistas de información tecnológica, además de la información y datos técnicos de la estación sonora Universitaria que será proporcionada a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Con el fin de realizar el diseño y planeación de puntos y proyecciones para la digitalización de la radiodifusión sonora en la provincia de Imbabura se utilizará el Software de predicción de cobertura ICS-Telecom, la herramienta será facilitada por la superintendencia de Telecomunicaciones. En el software de cobertura ICS-Telecom se realizaran las simulaciones con los parámetros actuales, es decir en banda FM (frecuencia modulada) y luego se procederá a realizar la simulación utilizando el estándar DRM, con el objetivo de comparar el alcance o límites de cobertura, los valores de potencia y el error absoluto y relativo respectivamente.

Para el análisis económico en cuanto a la migración de la radiodifusión analógica a la radio digital, se realizará un presupuesto referencial de los equipos que intervendrán para la digitalización total de la radio universitaria, entre los equipos tenemos; equipos de transmisión, equipo de almacenamiento de sonido, receptores DRM, entre otros y se detallaran para una futura implementación en la estación universitaria; además se evaluará los beneficios que la tecnología brindará en el departamento de comunicación organizacional y televisión de la Universidad Técnica del Norte.

Con la finalidad de realizar la reglamentación del servicio de radiodifusión digital utilizando el estándar Digital Radio Mondiale, para el presente proyecto se basará en las recomendaciones asignadas por los organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-R) y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), además se debe considerar a los organismos reguladores del estado Ecuatoriano en cuanto al manejo del espectro radioeléctrico para su correcto proceso de migración hacia la radiodifusión digital.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de análisis teórico sobre el impacto de la radiodifusión digital aplicando el estándar DIGITAL RADIO MONDIALE en la provincia de Imbabura, contribuirá a la sociedad y a la Institución universitaria, cumpliendo así con la constitución del Ecuador en el Art 385 numeral 3 *“Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir”* aportando significativamente hacia el cambio de un Ecuador digital.

La investigación del tema; radiodifusión digital aplicando el estándar DIGITAL RADIO MONDIALE en el Departamento de Comunicación Organizacional y Televisión, será beneficiada por ser la primera institución educativa en el norte del

país que contará con el estudio de un sistema de transmisión totalmente digital, con un área de cobertura real y los costos y beneficios que ello influirá, convirtiendo a la Universidad Técnica del Norte, en una institución vanguardista.

La radiodifusión digital contribuirá a la institución y al estado gracias al “*uso eficiente del espectro radioeléctrico, una amplia cobertura y la calidad de audio debido a la compresión de sonido, ya que utiliza una combinación de técnicas como MPEG2 Y COFDM que reducen la cantidad de información innecesaria y eliminan interferencias*”. (SUPERTEL, pág. 17, 2012) Además el software ICS-Telecom rescatara los parámetros más importantes para una adecuada área de cobertura utilizando una mínima cantidad de potencia.

El desarrollo y culminación del Análisis teórico sobre el impacto de radiodifusión digital aplicando el estándar DIGITAL RADIO MONDIALE, se realizara con el afán de aportar los conocimientos que se han ido adquiriendo a lo largo de la carrera universitaria. Además de ser la mejor manera de integrarse al mundo laboral, conocer las necesidades que hay en nuestro entorno y poder solucionarlas de la mejor manera y en un tiempo específico. De esta manera poder servir a la sociedad y a la Institución Universitaria que nos da la oportunidad de formarnos como profesionales.

CAPÍTULO 2

2.1 MARCO TEÓRICO: TECNOLOGÍA Y EQUIPOS

En este capítulo se dará a conocer las definiciones de sistemas de radiodifusión, tanto analógicos como digitales, además de los sistemas que podrían estandarizarse en la digitalización de la radiodifusión con lo cual se realizará una tabla comparativa dando a conocer el por qué se escogió el estándar DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE) como opción más práctica para la realización de este análisis.

2.2 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Los sistemas de telecomunicaciones utilizan el espectro radioeléctrico, que comprende las bandas de frecuencia útiles para proveer los servicios de radiocomunicación y abarcan, desde frecuencias inferiores a 1KHz hasta los 300 GHz. (Constantino Perez, 2007).

El término “radio” tiene relación con los dispositivos que se utilizan para acceder a los servicios de radiodifusión llamados receptores, viéndolo desde este punto de vista, este término no tiene relevancia en la definición del espectro de frecuencias. Así que definió algunos conceptos importantes en este campo.

Las radiofrecuencias (RF), son un grupo de ondas especiales que tienen identidad propia dentro del gran espectro electromagnético y conforman el espectro radioeléctrico.

Este rango de frecuencias va desde los 3 Hz a los 300 GHz.

La radiocomunicación, es la comunicación inalámbrica que se realiza usando las ondas de radiofrecuencia que conforman el espectro radioeléctrico.

Dentro de estas radiocomunicaciones están las que se hacen vía satélite, entre aviones, telefonía celular... y también la radio (FM, AM y demás bandas) y la televisión.

En la tabla mostrada a continuación se observan a las bandas de frecuencia con su significado, rango en el que se sitúan y longitud de onda.

Tabla 1: Nomenclatura de Bandas de Frecuencia

Abreviatura	Significado	Frecuencia	Longitud de Onda	Designación
ELF	Frecuencia extra baja	0.3 a 3 KHz	1000 a 100 Km	Megamétricas
VLF	Frecuencia muy baja	3 a 30 KHz	100 a 10 Km	Miriamétricas
LF	Frecuencia Baja	30 a 300 KHz	10 a 1 Km	Kilométricas
MF	Frecuencia Media	300 a 3000 KHz	1000 a 100 m	Hectométricas
HF	Frecuencia Alta	3 a 30 MHz	100 a 10 m	Decamétricas
VHF	Frecuencia Muy Alta	30 a 300 MHz	10 a 1 m	Métricas
UHF	Frecuencia Ultra Alta	300 a 3000 MHz	1 m a 10 cm	Decimétricas

SHF	Frecuencia Súper Alta	3 a 30 GHz	10 cm a 1 cm	Centimétricas
EHF	Frecuencia Extra Alta	30 a 300 GHz	10 mm a 1 mm	Milimétricas

Fuente: Sistemas de Telecomunicaciones – Constantino Pérez

En Ecuador, el sector estratégico del espectro radioeléctrico, define como un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial y es utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, siendo así un recurso no renovable que está llegando a un punto de saturación, de este modo se investigan opciones para hacer un uso eficiente del mismo.

Este es un recurso natural limitado de propiedad nacional por lo cual no se puede utilizarlo libremente por cualquier persona ya que de otra forma puede interferir con otros servicios que funcionan en la misma región y viceversa.

Las ondas radioeléctricas u ondas hertzianas son frecuencias que están por debajo de los 3000 GHz y se propagan por el espacio sin guía artificial.

A nivel internacional existe un organismo que se encarga del estudio y asignación de las frecuencias del espectro electromagnético y es la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). A su vez está compuesta por tres sectores:

- UIT – T: Sector de Normalización de Telecomunicaciones.
- UIT – R: Sector de Normalización de Radiocomunicaciones.
- UIT – D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

En la figura 1 se muestran las bandas de frecuencia asignadas a cada servicio destinado a la difusión como radio, tv, satélite, etc.



Figura 1. Bandas de Frecuencia

Fuente: Recuperado

de: http://2.bp.blogspot.com/_V2MRJAuINKI/TQ3i8UzL9JI/AAAAAAAAADc/f3E5UchM03c/s1600/cuadro-frecuencias.gif

Los usos más frecuentes se detallan a continuación:

- RFID: Las etiquetas de radio-identificación de baja frecuencia, funcionan con ondas de muy baja energía, que comunican a cortas distancias.
 - Frecuencia de Trabajo: 125 KHz y los 148.5 KHz.
- NFC: Denominadas comunicaciones de proximidad y trabajan a frecuencias más altas.
 - Frecuencia de Trabajo: 13.56 MHz.

- Radio comercial: Es la reconocida frecuencia modulada o FM comúnmente usado para emisoras de radio.
 - Frecuencia de Trabajo: 87 MHz a los 107 MHz.

- Televisión analógica: Los televisores antiguos trabajaban en dos bandas de frecuencia.
 - Frecuencia de Trabajo VHF: 30 MHz– 300 MHz.
 - Frecuencia de Trabajo UHF: 300 MHz– 3 GHz.

- Televisión digital: La TDT o Televisión Digital Terrestre emplea el rango UHF para emitir, ya que por cada canal analógico pueden emitir cuatro canales digitales.

- Telefonía móvil: La telefonía móvil se maneja en frecuencias más altas.
 - Frecuencia de Trabajo servicio GSM: 900 MHz
 - Frecuencia de Trabajo 3G (datos, voz): 1,8 GHz.

- WI-FI: La comunicación inalámbrica locales.
 - Frecuencia de Trabajo: 2,4 GHz: Permiten un ancho de banda mayor usado frecuentemente para Internet, susceptible a interferencias con dispositivos que trabajan en la misma frecuencia.

- Bluetooth: La tecnología que se ha destacado por la facilidad en la transmisión de datos inalámbricamente.
 - Frecuencia de Trabajo 2,4 GHz.

- Hornos microondas: Aparatos que trabajan en la frecuencia de 2,45 GHz, estos causan interferencias a los dispositivos WI-FI.
- Telefonía fija inalámbrica: La mayoría de los teléfonos de hoy trabajan en la frecuencia de 5,8 GHz, pero existen algunos que trabajan en 2,4 GHz, por lo que existen interferencias al tener redes WI-FI.

Las frecuencias que son de interés en este tema son las destinadas a la radiodifusión sonora, es decir:

Para AM:

- Radio AM Onda larga = 148,5 a 283,5 kHz (LF)
- Radio AM Onda media = 530 kHz - 1710 kHz (MF)
- Radio AM Onda corta = 3 MHz - 30 MHz (HF)

Para FM:

- Radio FM: 88 – 108 MHz

2.3 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

El hecho de que las ondas radioeléctricas pueden viajar sin necesidad de cables de un lugar a otro fue descubierto por Heinrich Rudolf Hertz quien fue un físico alemán.

Mediante estudios, se confirmó que dependiendo de la frecuencia o longitud de onda, éstas viajan de diferentes maneras. Las de baja frecuencia, no siguen el mismo curso que las que tiene altas o muy altas frecuencias.

Las ondas viajeras se pueden dividir en tres tipos o formas de propagación

- ONDAS TERRESTRES O DE SUPERFICIE
- ONDAS DIRECTAS O ESPACIALES
- ONDAS REFLEJADAS O IONOSFÉRICAS

Las ondas terrenas son las que avanzan sobre la superficie de la tierra, estas ondas están sujetas a obstrucción de objetos ya sean estos los edificios, arboles, etc., la consecuencia de esto es que se va restando el alcance de esta señal.

Una de las ventajas es que ya que no le afectan mucho los obstáculos. Por ejemplo, no chocan contra una montaña, sino que se desplazan por arriba y debajo de la misma. Ahora, esto no es del todo ventajoso ya que este rozamiento atenúa la señal atenuando.(TOMASI, 2003)

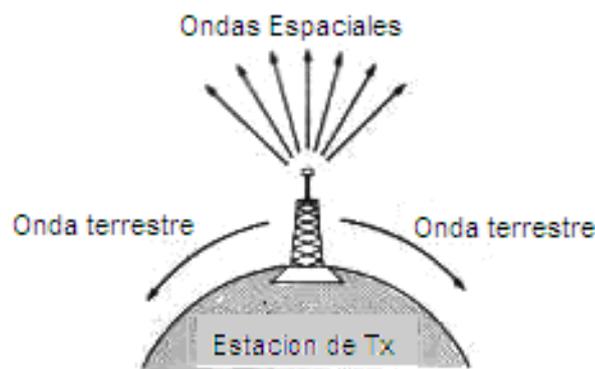


Figura 2. Propagación de Ondas Terrenas

Fuente: Recuperado de: <http://www.qsl.net/lpr/ondasem.htm>

Las ondas espaciales siguen el camino de las capas altas de la atmosfera, es decir siguen la curvatura de la tierra.

En este rango están las ondas empleadas para transmitir en FM, TV o banda ciudadana. Por esta limitación, las antenas transmisoras siempre se colocan en lugares elevados para no perder la línea de vista con sus receptores.

Al aumentar la frecuencia, la potencia y además dirigir las antenas hacia lugares donde no existan obstáculos, como el espacio y alcanza enormes distancias.

Estas ondas traspasan la ionosfera no se reflejan, viajando a miles de kilómetros. Son las encargadas de mandar señales a los satélites para transmisiones de largo alcance que luego regresan “rebotadas” a otro lugar de la tierra. Varios de estos satélites se encuentran a 36.000 kilómetros de la tierra.

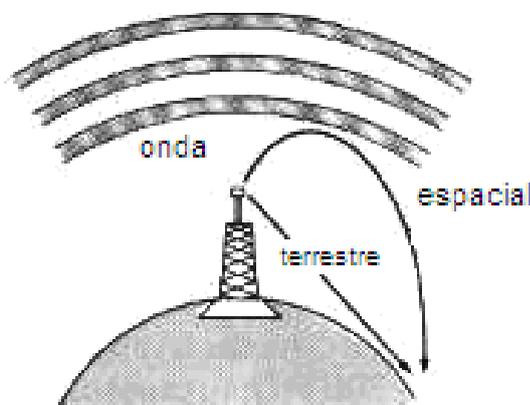


Figura 3. Propagación por onda espacial

Fuente: Recuperado de: <http://www.qsl.net/lpr/ondasem.htm>

Las ondas reflejadas o ionosféricas son las que al chocar con una capa de la atmosfera simplemente rebotan, es decir, la ionosfera por sus características actúa como espejo devolviendo las ondas a la tierra.

La ionosfera está situada a un rango de entre 60 y 400 km de la corteza terrestre. Dependiendo de la hora del día y las condiciones de la atmósfera, sus características cambian drásticamente.

Esto hace que las radiocomunicaciones de esta clase varíen mucho en función de la estación del año o del momento del día. (TOMASI, 2003)

La falta de rayos solares, es beneficioso en las radiocomunicaciones ya que la capa se vuelve más densa y se aleja de la tierra permitiendo a las ondas llegar más lejos. Este es el motivo por el que las radios internacionales de Onda Corta se escuchan más y mejor por la noche que por el día.

La mayoría de las ondas no optan por un sólo camino para propagarse, sino una combinación de ambos. Van pegadas a la tierra, a este se lo denomina onda superficie y, también suelen rebotando en la atmósfera, a esto se lo denomina onda reflejada. Con esta combinación se logran alcanzar enormes distancias.

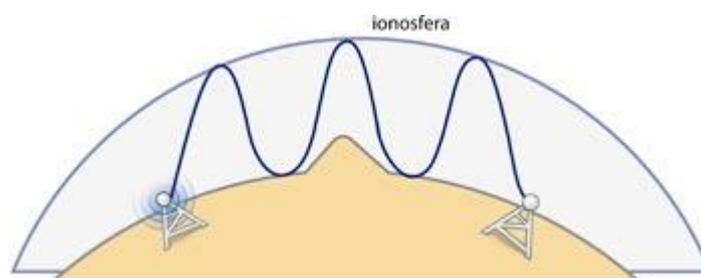


Figura 4. Propagación por onda reflejada

Fuente: Recuperado de: <https://mcgus.wikispaces.com/file/view/ionosfera.jpg/342247088/ionosfera.jpg>

2.4 SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN

Radiodifusión: Es un concepto más restringido que el de radio, radiofrecuencia u ondas de radio, ya que se refiere únicamente a las transmisiones destinadas a ser recibidas por un grupo de oyentes. (Gutierrez, 2015)

Los sistemas de radiodifusión no son más que sistemas de comunicación basados en ondas electromagnéticas, estos sistemas brindan su servicio en un solo sentido, que es, desde un centro de emisión hasta varios receptores simultáneos

Al ser la radiodifusión un servicio se puede hacer la siguiente clasificación:

2.4.1 SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN TERRENAL

Su limitación es el alcance (varios kilómetros) dependiendo de la potencia emitida lo que ocasiona consumir mucha más energía eléctrica, aunque es posible aumentarlo añadiendo varios centros emisores unidos a una única central.

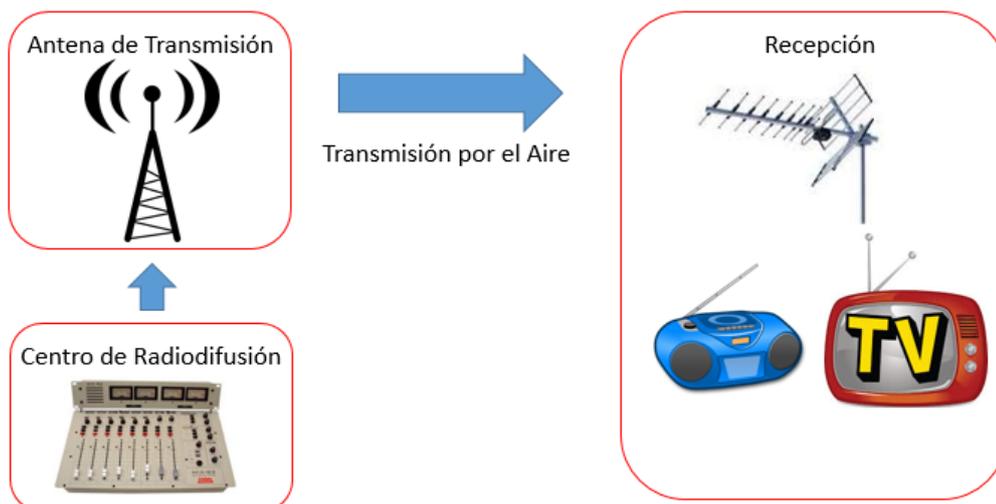


Figura 5: Esquema de Radiodifusión Terrestre

Fuente: Autor

2.4.2 SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE

En este servicio se utiliza un enlace ascendente para enviar programación desde un centro de producción a un satélite, y un enlace descendente o de difusión para enviar de forma directa la programación a sus receptores.



Figura 6: Esquema de Radiodifusión Satelital

Fuente: Autor

Ahora, estos sistemas se basan en un modelo o estructura que divide la parte de transmisión con la de recepción, pero juntos estos sistemas hacen posible la comunicación mediante radiodifusión.

La estructura básica de funcionamiento en radiodifusión es mostrada a continuación.

2.4.3 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN TRANSMISOR DE SEÑAL

La figura muestra un esquema de la transmisión básica de una señal, esta consta de una fuente que puede ser un programa de radio o televisión, un oscilador para que sea estable en frecuencia, un filtro que limite el rango de frecuencias, un modulador para transportar la información sobre una portadora, un amplificador para elevar el nivel de la portadora generada por el oscilador y una antena para transmitir la información.

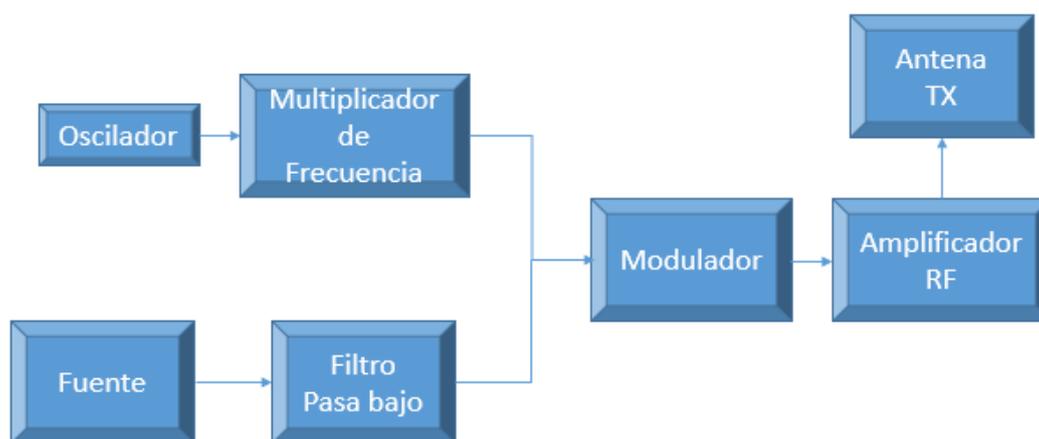


Figura 7. Esquema de Transmisor de Señal.

Fuente: Tesis de Grado(Eraza, 2009)

2.4.4 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN RECEPTOR DE SEÑAL

En la recepción se tiene una antena receptora, un amplificador ya que al captar la señal puede tener pérdidas y lo que se requiere es aumentar su amplitud o ganancia, un mezclador para hacer una conversión de frecuencias en todas las bandas de frecuencias, un detector que permite comprobar la presencia de radiofrecuencia en osciladores, amplificadores, y su altavoz para escuchar la señal transmitida.

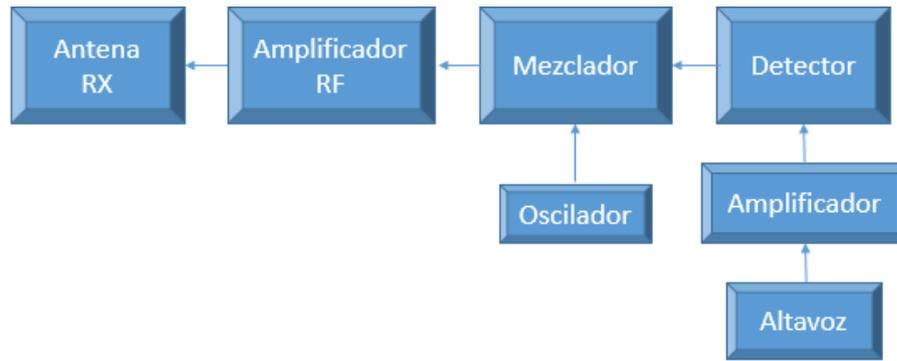


Figura8. Esquema de un Receptor de señal.

Fuente: Tesis de Grado(Eraza, 2009)

Las bandas comúnmente usadas en radiodifusión sonora son AM (AMPLITUD MODULADA) y FM (FRECUENCIA MODULADA), poco a poco van desapareciendo las estaciones que trabajan en la banda AM o en su defecto los nuevos dispositivos electrónicos no incluyen esta utilidad para captar las señales de esta naturaleza, según la compañía Nokia explica que no se puede incluir radio AM debido a una posible interferencia entre las señales de AM y las de telefonía celular, ya que aseguran que trabajan en frecuencias muy próximas.

2.4.5 SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES

Las señales analógicas varían de forma continua entre dos valores. La señal puede tomar todos los valores intermedios entre el máximo y el mínimo.

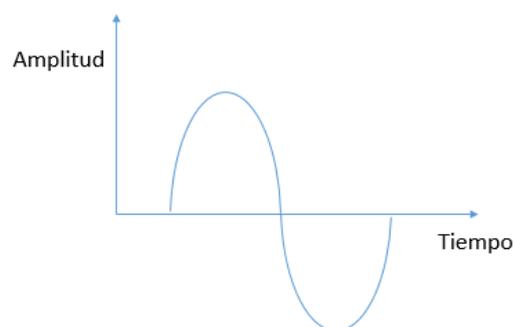


Figura 9: Señal Analógica

Fuente: Autor

Las señales digitales solo pueden tomar dos valores ya sea alto o bajo o uno o cero, además estas señales son menos propensas a sufrir interferencias.

En si la señal es más limpia o mejor dicho tiene menos ruido.

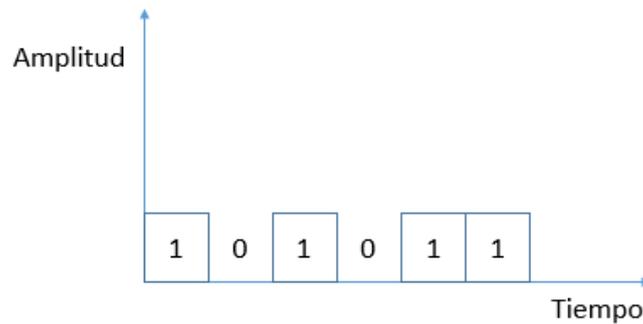


Figura 10: Señal Digital

Fuente: Autor

2.4.6 TRANSMISIONES DIGITALES Y ANALÓGICAS

Un sistema de comunicaciones básicamente está compuesto por tres etapas:

- a. Fuente de Información
- b. Destino de Información
- c. Medio de transmisión

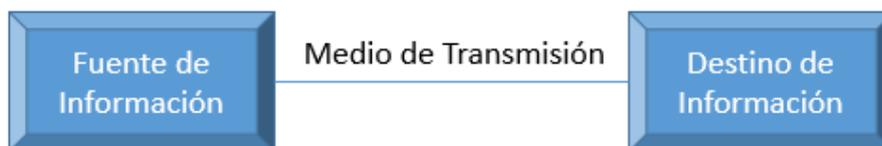


Figura 11: Sistema básico de comunicaciones

Fuente: (TOMASI, 2003)

Como se observa en el grafico anterior los sistemas de comunicaciones comprenden tres secciones principales que son: fuente, canal o medio de comunicación y un destino.

La información se propaga a través del medio de comunicación ya sea analógica o digital, ahora en los sistemas de comunicación digital, la información analógica se la convierte en formato digital antes de transmitirla y en los sistemas de comunicación analógica sucede lo contrario, es decir, se la convierte en analógica para transmitirla. (TOMASI, 2003)

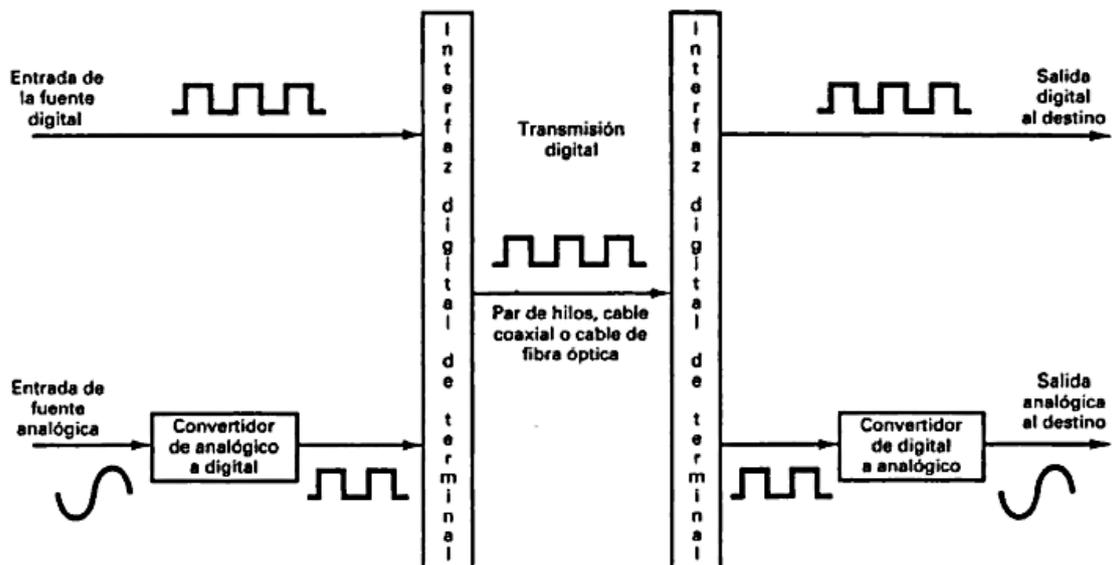


Figura 12: Sistema de Transmisión Digital

Fuente: (TOMASI, 2003)

2.4.7 RADIODIFUSIÓN AM

Radiodifusión AM o radiodifusión en Amplitud Modulada, es una forma de transmitir una señal (de baja frecuencia) como un conjunto (una banda) de componentes de alta frecuencia. (Pierce, 2002)

En otras palabras la modulación en amplitud se diseñó para transmitir audio tanto a onda corta, media y larga y consiste en modificar la amplitud de la señal de la portadora mediante la amplitud de una señal de frecuencia baja como la señal de audio.

En la siguiente figura se observa un gráfico correspondiente a la portadora:

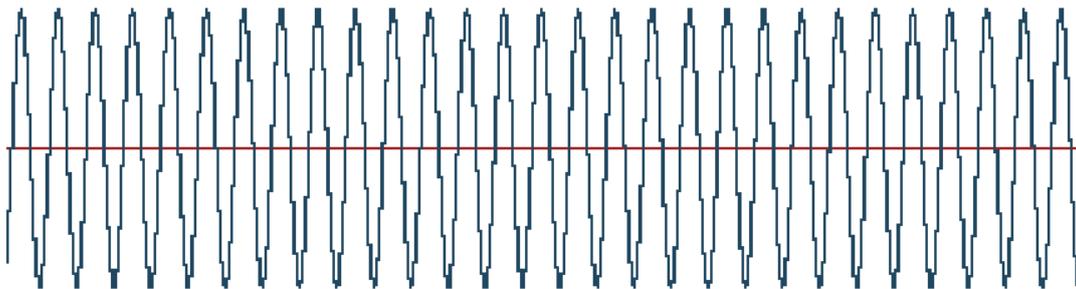


Figura 13. Señal Portadora

Fuente: El espectro Radioeléctrico Recuperado de:
<http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/modulacion.htm>

Ahora, la señal de audio de baja frecuencia mostrada en la figura modificara la amplitud de la portadora.

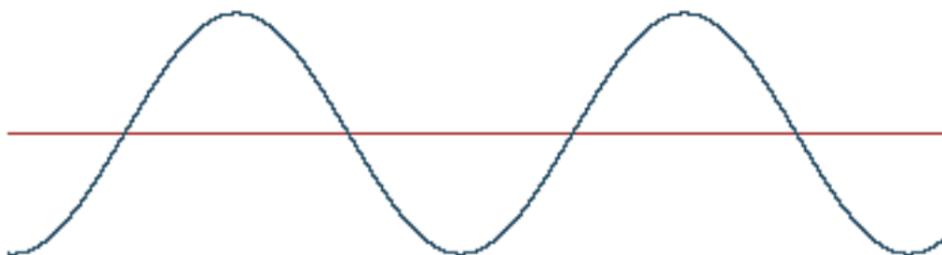


Figura 14. Señal de Audio de Baja Potencia

Fuente: El espectro Radioeléctrico Recuperado de:
<http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/modulacion.htm>

Y por último, este proceso es conocido como modulación en amplitud y se muestra como la portadora ha cambiado conforme a la señal que se introdujo logrando modificarla.

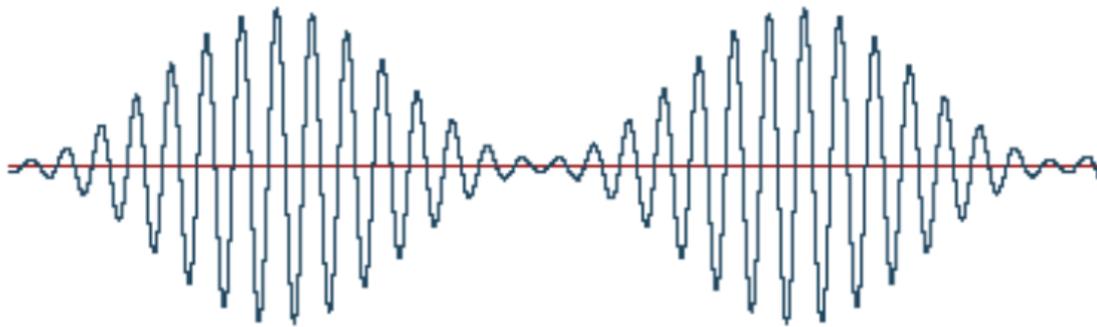


Figura 15: Resultado de la señal AM estructurada por la portadora y onda de audio.

Fuente: El espectro Radioeléctrico Recuperado de:
<http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/modulacion.htm>

2.4.7.1 Ventajas de la radiodifusión AM

Según la revista institucional SUPERTEL N° 15 (2012), menciona que la cobertura puede ser nacional e internacional debido a su propagación por onda superficial, es decir no hay la necesidad de usar demasiados transmisores.

Además los sistemas AM permiten un menor uso de ancho de banda y el equipamiento es poco costoso.

Otra gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y baratos.

AM es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en VHF: es utilizada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos.

La llamada "Onda Media" abarca un rango de frecuencia que va desde 500 a 1700 kHz.

2.4.7.2 Desventajas de la radiodifusión AM

Uno de los mayores problemas es la calidad de audio, ya que la propagación está sujeta a ruidos por descargas atmosféricas e interferencias industriales y domésticas presentando zumbidos cuando los receptores pasan cerca de las líneas de alta tensión.

Las emisoras de radiodifusión AM, actualmente está enfrentando una crisis en la disminución de público oyente y por ende la reducción de sus ingresos publicitarios se ve disminuida notablemente.

2.4.7.3 Tipos De Modulación AM

Existen tres tipos de modulación en AM

- Modulación en amplitud en doble banda lateral (MA-DBL).
 - Modulación en doble banda lateral con portadora suprimida. (MA-DBL-PS).
 - Modulación de amplitud en banda lateral residual (MA-BLR).
-
- La modulación en amplitud en doble banda lateral (MA-DBL).

La amplitud de la portadora va a variar al ser modulada por una onda que lleva la información que se desea transmitir.

- La modulación en doble banda lateral con portadora suprimida. (MA-DBL-PS).

La banda lateral inferior transmite la misma información que la superior por lo que podemos suprimir una de las bandas sin que se pierda nada de información y reduciendo el ancho de banda a la mitad, pudiéndose así transmitir el doble de señales independientes por un canal de ancho de banda fijo.

- Modulación de amplitud en banda lateral residual (MA-BLR).
 - Este tipo de modulación se emplea para señales moduladas de banda ancha, como las de la televisión, en las que el ancho de banda puede ser superior a los 5,5 MHz.
 - Consiste en transmitir parte de una de las bandas laterales, es decir, sólo lo que se considera parte residual, y transmitir la otra banda lateral completa.

2.4.8 RADIODIFUSIÓN FM

La radiodifusión en FM o frecuencia modulada, la frecuencia de la señal portadora cambia en proporción con la amplitud de la señal de audio. (GIANCOLI, 2006)

Al igual que el proceso en AM, en el proceso de radiodifusión FM también se tiene una señal de audio la cual se añadirá a la portadora.



Figura16. Señal de Audio

Fuente: (GIANCOLI, 2006)

En la siguiente figura se muestra la portadora a la cual se añade la señal de audio mostrada anteriormente.



Figura 17. Portadora

Fuente: (GIANCOLI, 2006)

Y como último se observa que la frecuencia en la señal portadora cambia conforme a la amplitud de audio añadida.



Figura18. Resultado de la señal FM estructurada por la portadora y la señal de audio.

Fuente: (GIANCOLI, 2006)

El hecho de tener varios sistemas analógicos en radiodifusión sonora en funcionamiento demanda de un mayor uso del espectro radioeléctrico esto hace que exista una saturación del mismo al incorporarse muchas más estaciones.

La solución propuesta para este tipo de inconvenientes es la digitalización de la radiodifusión con lo cual se optimiza este recursos tan valioso.

Según datos de ARCOTEL, la potencia máxima de salida de un transmisor FM está en función de la ganancia máxima de la antena; donde la potencia isotrópicamente radiada equivalente máxima no debe exceder de 16 KW.

La fórmula de cálculo de ganancia viene dado por:

$$G = 10 \log \left(\frac{P_s}{P_e} \right)$$

Ecuación 1: Ganancia máxima de la antena

En donde P_s es la potencia de salida y P_e es la potencia de entrada.

Es decir cuando la ganancia es negativa (menor que 0), hablamos de atenuación. Por ejemplo teniendo una potencia de 40 W de entrada, frente 20 W de salida, el resultado sería

$$G = 10 \log \left(\frac{P_s}{P_e} \right) = 10 \log \left(\frac{20W}{40W} \right) = -3,0103 \text{ dB}$$

No hablaríamos de una ganancia de -3 dB, sino de una atenuación de 3 dB.

Entonces, al no exceder de una potencia de 16 KW se está hablando de una ganancia de 0 y si excede este valor se estaría hablando de atenuación.

Tabla 2. Relación Potencia-Ganancia en FM

POTENCIA DEL TRANSMISOR (KW)	GANANCIA MÁXIMA DE LA ANTENA (dB)
16	0
8	3
4	6
2	9
1	12
0,5	15
0,25	18

Fuente: (REVISTA SUPERTEL, 2013)

En cuanto a potencia y distancia se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ya que estamos limitados a las leyes de la física el alcance lo está y esto se denomina Visibilidad óptica. Es posible llegar a una distancia de 40 millas o aproximadamente 64 km y eso considerando mirar desde la cima de una montaña.

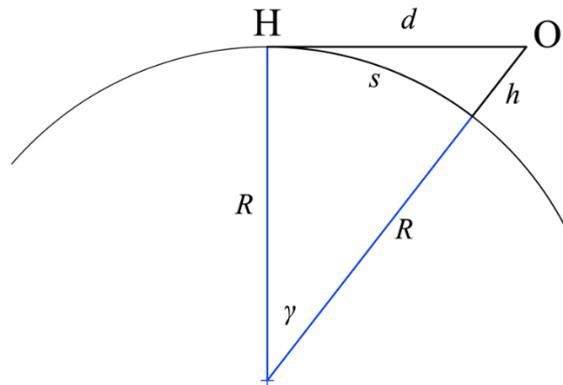


Figura 19: Grafico de Distancia al Horizonte

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Horizonte>

Asumiendo que la Tierra es una esfera perfecta con respecto al nivel del mar, desde una altura h el horizonte está a una distancia en línea recta del observador utilizando el teorema de Pitágoras.

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}$$

Ecuación 2: Teorema de Pitágoras

En donde R es el radio de la tierra = 6378,1 km

Ya que h es mucho menor que R la expresión anterior quedaría de la siguiente manera:

$$d = \sqrt{2Rh + h^2} \approx \sqrt{2Rh} = \sqrt{2R}\sqrt{h} \approx 3,572\sqrt{h}$$

La expresión que define la visibilidad óptica es:

$$d = 3,572\sqrt{h}$$

En donde h : es la altura de la montaña sobre el nivel del mar.

- Otra de las consideraciones es la presencia de otras emisoras o interferencias de similar naturaleza.

La tabla mostrada a continuación detalla cual es el alcance en base a la potencia que se aplique al transmisor.

Tabla 3: Relación de Potencia y Alcance de Transmisión

ERP de vatios de potencia	Alcance (millas)
1 W	aproximadamente 1-2 (1,5-3 km)
5 W	aproximadamente 3-4 (4-5 km)
15 W	aproximadamente 6 (10 km)
30 W	aproximadamente 9 (15 km)
100 W	aproximadamente 15 (24 km)
300 W	aproximadamente 30 (45 km)

Fuente: http://www.pcs-electronics.com/guide_how.php?language=es

2.4.8.1 Canalización de la Banda de FM

Se establecen 100 frecuencias con una separación de 200 KHz, numeradas del 1 al 100, iniciando la primera frecuencia en 88.1 MHz

Tabla 4: Canalización de la Banda FM

CANAL	FRECUENCIA	CANAL	FRECUENCIA	CANAL	FRECUENCIA	CANAL	FRECUENCIA
1	88,1 MHz	26	93,1 MHz	51	98,1 MHz	76	103,1 MHz
2	88,3 MHz	27	93,3 MHz	52	98,3 MHz	77	103,3 MHz
3	88,5 MHz	28	93,5 MHz	53	98,5 MHz	78	103,5 MHz
4	88,7 MHz	29	93,7 MHz	54	98,7 MHz	79	103,7 MHz
5	88,9 MHz	30	93,9 MHz	55	98,9 MHz	80	103,9 MHz
6	89,1 MHz	31	94,1 MHz	56	99,1 MHz	81	104,1 MHz
7	89,3 MHz	32	94,3 MHz	57	99,3 MHz	82	104,3 MHz
8	89,5 MHz	33	94,5 MHz	58	99,5 MHz	83	104,5 MHz
9	89,7 MHz	34	94,7 MHz	59	99,7 MHz	84	104,7 MHz
10	89,9 MHz	35	94,9 MHz	60	99,9 MHz	85	104,9 MHz

11	90,1	MHz	36	95,1	MHz	61	100,1	MHz	86	105,1	MHz
12	90,3	MHz	37	95,3	MHz	62	100,3	MHz	87	105,3	MHz
13	90,5	MHz	38	95,5	MHz	63	100,5	MHz	88	105,5	MHz
14	90,7	MHz	39	95,7	MHz	64	100,7	MHz	89	105,7	MHz
15	90,9	MHz	40	95,9	MHz	65	100,9	MHz	90	105,9	MHz
16	91,1	MHz	41	96,1	MHz	66	101,1	MHz	91	106,1	MHz
17	91,3	MHz	42	96,3	MHz	67	101,3	MHz	92	106,3	MHz
18	91,5	MHz	43	96,5	MHz	68	101,5	MHz	93	106,5	MHz
19	91,7	MHz	44	96,7	MHz	69	101,7	MHz	94	106,7	MHz
20	91,9	MHz	45	96,9	MHz	70	101,9	MHz	95	106,9	MHz
21	92,1	MHz	46	97,1	MHz	71	102,1	MHz	96	107,1	MHz
22	92,3	MHz	47	97,3	MHz	72	102,3	MHz	97	107,3	MHz
23	92,5	MHz	48	97,5	MHz	73	102,5	MHz	98	107,5	MHz
24	92,7	MHz	49	97,7	MHz	74	102,7	MHz	99	107,7	MHz
25	92,9	MHz	50	97,9	MHz	75	102,9	MHz	100	107,9	MHz

Fuente: ARCOTEL

2.4.8.2 Grupos De Frecuencias

Se establecen seis grupos para distribución y asignación de frecuencias en el territorio nacional. Grupos: G1, G2, G3 y G4 con 17 frecuencias cada uno, y los grupos G5 y G6 con 16 frecuencias cada uno. La separación entre frecuencias del mismo grupo es de 1.200 kHz. De acuerdo al área de operación independiente FJ001 la provincia de Imbabura contiene los grupos G2, G4 y G6. (ANEXO 7).

Para la asignación de frecuencias consecutivas (adyacentes), destinadas a servir a una misma área de operación independiente o área de operación zonal, deberá observarse una separación mínima de 400 kHz entre las frecuencias portadoras de cada estación. (ARCOTEL, <http://www.arcotel.gob.ec>, 2015)

Definición de áreas de operación independiente, áreas de operación zonal y plan de asignación de frecuencias.

Tabla 5: Canalización de la Banda FM

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL.	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES.
FJ001	Provincia de Imbabura, excepto el cantón Pimampiro y las parroquias Salinas y Ambuquí.	G2, G4 Y G6	Ibarra, Otavalo Urcuqui, Atuntaqui, Cotacachi y Parroquias de Intag.	88.7 MHz 96.7 MHz 103.1 MHz

Fuente: ARCOTEL

2.4.8.3 Análisis del espectro en Banda FM.

Para este análisis se debe considerar el espectro total utilizado sobre la banda asignada del servicio que tendría como resultado el porcentaje del uso espectral.

$$\% \text{ Uso Espectral} = \frac{\text{Espectro Utilizado}}{\text{Banda Asignada del Servicio}} \times 100\%$$

Ecuación 3: Uso espectral

$$\% \text{ Uso Espectral} = \frac{(50 * 200 \text{ KHz}) \times 100\%}{(108 - 88) \text{ MHz}} = 50\%$$

Según los datos adquiridos por ARCOTEL y presentados en la tabla anterior, la ciudad de Ibarra pertenece a la zona FJ001 la cual contiene a los grupos de frecuencias G2, G4 y G6, sumando estos grupos da un total de 50 canales para la asignación de frecuencias.

Ahora gracias a la base de datos de SIRATV se puede observar que más de la mitad de las frecuencias están ocupadas (ANEXO 8).

Esto representa una saturación progresiva como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Saturación del Espectro} = \frac{\text{Número de frecuencias asignadas}}{\text{Número de canales disponibles}} \times 100\%$$

Ecuación 4: Saturación del Espectro

$$\text{Saturación}_{FM-Ibarra} = \frac{38 \text{ estaciones} \times 100\%}{50 \text{ canales}} = 76\%$$

Se dispone de 800 canales a nivel nacional, esto se debe a las zonas geográficas y los grupos de frecuencias (ANEXO 7) esto incluyen a los 3 Grupos G2, G4 y G6 que suman 50 canales multiplicados por el promedio de frecuencias por grupo.

$$\text{Canales a Nivel Nacional} = 50 \text{ canales} - \text{grupo} * 16 \text{ frecuencias} = 800 \text{ canales}$$

Ahora, a nivel nacional se tiene 936 estaciones entre públicas, privadas y comunitarias, lo que da como resultado una saturación en el espectro como lo muestra la siguiente ecuación.

$$\text{Saturación}_{FM-Ecuador} = \frac{936 \text{ estaciones} \times 100\%}{800 \text{ canales}} = 117\%$$

Obviamente la tecnología FM cuenta con herramientas para contrarrestar este inconveniente de saturación por el momento, con repetidoras que cubran zonas más pequeñas y tratando de reutilizar las frecuencias.

2.4.8.4 Ventajas de la radiodifusión FM

En los sistemas de radiodifusión FM casi no le afectan las interferencias ni algunas perturbaciones eléctricas como las tormentas eléctricas.

Las emisoras de FM pueden trabajar en bandas de frecuencias muy altas que van desde los 88 a 107 MHz, en las que la amplitud modulada se vería seriamente afectada por las interferencias.

El ancho de banda de la FM comercial es de 200 kHz y utilizable solo 180 kHz para la señal de audio que aunque sólo sea de 15 kHz; requiere de todo ese espacio "extra" por la desviación de frecuencia estándar de 75 kHz.

Las radios FM requieren potencias menores que las de AM, dado que si su propagación es de carácter local o regional no es necesario un alto índice de potencia. La potencia se encuentra alrededor de 100W para este estudio.

2.4.8.5 Desventajas de la radiodifusión FM

Su pequeña cobertura (debido a la visibilidad óptica) convierte a la frecuencia modulada en un servicio de radio fundamentalmente local, donde el empleo de repetidores puede incrementar su cobertura. (Ninanya, 2013)

Con la radiodifusión FM se tiene un uso ineficiente del espectro electromagnético, cuando el receptor se traslada más de unas decenas de kilómetros hay que volver a sintonizar la emisora generalmente en una nueva banda de frecuencia.

2.5 RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL

La radiodifusión en formato digital oferta servicios de calidad y además, Según Emma Rodero de la Universidad Pontificia de Salamanca, da la posibilidad agregar

valores añadidos, esto surge debido a la calidad de recepción en los vehículos cuando están en su normal recorrido.

La radiodifusión de audio digital es eficiente en el uso del espectro y la potencia puesto que usa un único bloque de transmisión de baja potencia. La cobertura puede ser local, regional, nacional y supranacional. (Rivera, 2010)

Con este sistema se mejora en la propagación al superar reflexiones por obstáculos, mayor protección ante interferencias y perturbaciones, todo ello debido al sistema de codificación que distribuye la información en un amplio número de frecuencias. (REVISTAL SUPERTEL, 2012).

La radio digital consiste en el muestreo y codificación de sonidos e imágenes en un flujo de datos binarios (unos y ceros), el cual es transmitido por una red de transporte terrestre, cable o satélite, hacia el aparato receptor, el cual decodifica la señal original, ofreciendo una mejor calidad de audio, libre de errores, inmune a interferencias y ecos, adicionalmente la radio digital a diferencia de la radio analógica o tradicional, permite la emisión de datos simultáneamente con el audio.

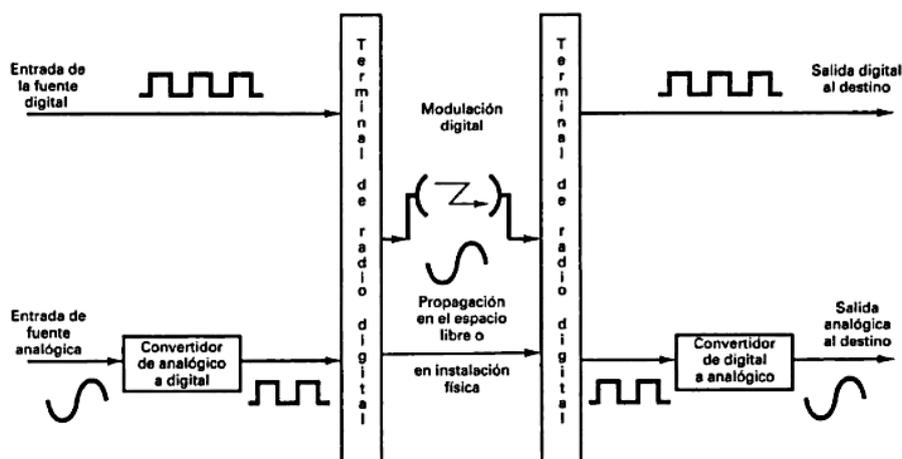


Figura 20: Sistema de comunicación - radio digital

Fuente: (TOMASI, 2003)

2.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE RADIO DIGITAL

Básicamente un sistema de radio digital sigue un proceso para transformar una fuente analógica en digital. En la figura 21 se muestra un diagrama de bloques que representa el mencionado proceso de un sistema de radio digital.

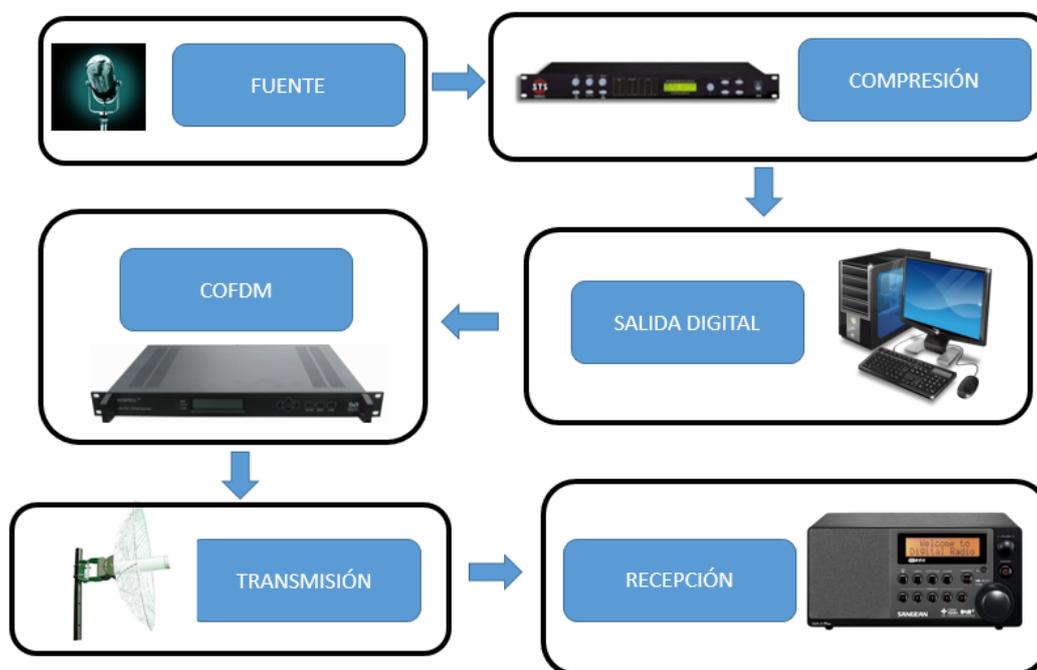


Figura 21. Diagrama de Bloques Sistema de Radio Digital

Fuente: (REVISTA SUPERTEL, 2013)

El proceso se divide en:

- Fuente: Es el sonido original, señal analógica.
- Compresión: La compresión se la realiza a través de un sistema que reduce la cantidad de información digital requerida para ser transmitida.
- Digitalización: En esta etapa se convierte la señal en datos binarios o dígitos binarios.
- Modulación: Mediante COFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal codificada) se eliminan las interferencias, estas

interferencias pueden ser atmosféricas, de otros equipos eléctricos o los grandes obstáculos como edificios grandes.

- A través de la multiplexación se transmiten varios programas y servicios por un solo bloque de frecuencias.
- Finalmente en un receptor digital se tiene sonidos digitales e información visual.

2.5.2 ESTRUCTURA DE UN CODIFICADOR

Un codificador de audio es un códec que incluye un conjunto de algoritmos que permiten codificar y decodificar los datos auditivos, lo cual significa reducir la cantidad de bits que ocupa el fichero de audio. (Gomez, 2015)

Es decir, un códec de audio es capaz de comprimir un flujo de datos provenientes de una fuente, con el fin de transmitirlos con una mínima cantidad de bits necesarios para hacer posible su recuperación en el destino. En la figura 13 se muestra la estructura básica de un codificador.

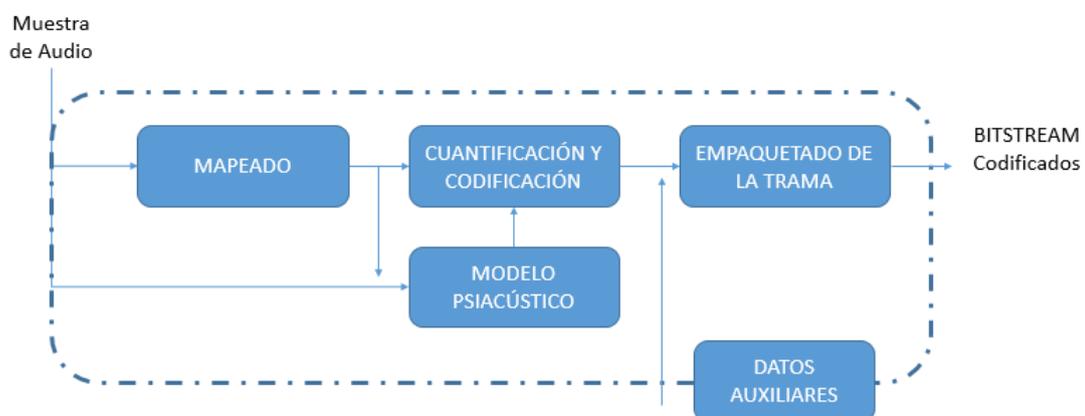


Figura 22. Diagrama de Bloques de un Codificador

Fuente: (REVISTA SUPERTEL, 2013)

Refiriéndose al gráfico anterior, las muestras de audio ingresan al codificador. El mapeo toma varias muestras de la señal de audio entrante, estas muestras se denominan sub-bandas.

El modelo Psicoacústico permite que se pueda eliminar la pérdida de datos en la compresión de señal de alta calidad de escucha, además mediante la descripción de las partes de una señal de audio digital dada se pueden comprimir con seguridad y sin pérdidas significativas en la calidad percibida del sonido. (Müller C, 1993)

Esto explica como un fuerte aplauso de las manos puede parecer extremadamente alto en una biblioteca tranquila, pero apenas se nota después de que un coche transita en una calle urbana concurrida.

Además adentrándose en el gráfico anterior este modelo crea un conjunto de datos para controlar el cuantificador y el codificador. Después el bloque de cuantificación y codificación crean un conjunto de símbolos codificados en base a las muestras mapeadas.

Finalmente el bloque de empaquetado ensambla el BITSTREAM o cadena de bits actual desde la salida de datos de los otros bloques y agrega información adicional.

2.5.3 COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)

Es una tecnología que introduce la señal de audio codificada por dos sistemas de corrección de errores y un proceso de interleaving que se aplica a los paquetes protegidos por un proceso de codificación con el objetivo de evitar ráfagas de errores consecutivos, la finalidad es eliminar las interferencias.

Esta modulación adecua los datos que se quieren transmitir a las características del canal empleado. El canal de radiodifusión utilizado para recepción móvil en áreas urbanizadas como ciudades, es particularmente un entorno hostil para las transmisiones. (REVISTA SUPERTEL, 2013).

Los problemas que se pueden presentar son:

- Debido a su esparcimiento causa interferencia inter-simbólica a medida que la tasa de bits aumenta.
- Características dinámicas del canal, como resultado del entorno cambiante que rodea a un vehículo en movimiento.

Lo anterior causará degradación en la estimación de la fase del receptor y es lo que se conoce como efecto Doppler.

En el sonido o en cualquier otra onda se produce el efecto Doppler dependiendo de la velocidad del observador (con respecto a la fuente de emisión, esto es tomando a la fuente como punto de referencia).

Se puede comprobar que si se acerca hacia una fuente de sonido F a una velocidad V_o , el sonido que se percibirá será algo más agudo que si se encontrase en reposo.

Esto es porque la onda no la recibiremos a V (velocidad de propagación) sino a $V + V_o$, debido a esto y a que la longitud de onda seguirá siendo una constante.

$$F = \frac{V_p}{\lambda}$$

Ecuación 5: Ecuación de fuente de sonido

Donde F es la fuente, V_p es la velocidad de propagación y λ es la longitud de onda.

Entonces se tiene que:

$$\frac{V_o + V}{\lambda} > \frac{V}{\lambda}$$

Luego $F_r > F$

Por tanto la frecuencia a la que se reciba (F_r = frecuencia relativa) la onda será aparentemente mayor a la real.

El mismo efecto tiene lugar al alejarse de la fuente de emisión a una velocidad V_0 , por tanto se recibirá un sonido más grave que el original.

$$\frac{V - V_0}{\lambda} < \frac{V}{\lambda}$$

Luego $f_r < f$

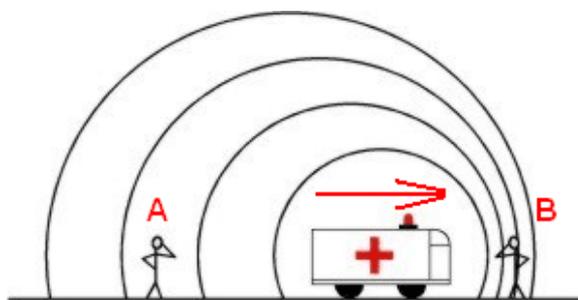


Figura 23: Ejemplo de Efecto Doppler

Fuente: <http://unblogdetodoexcepcionalmentesimple.blogspot.com/2011/09/efecto-doppler.html>

Para compensar estos problemas surge COFDM que es un sistema de transmisión en paralelo, es decir, varios datos son transmitidos en el mismo instante de tiempo por múltiples portadoras; portadoras que se eligen de forma que sean ortogonales entre sí. El principio de ortogonalidad define la separación entre portadoras de manera que sea exactamente igual al recíproco del periodo de símbolo útil, es decir, que los máximos de una portadora coincidan con los ceros de la otra.

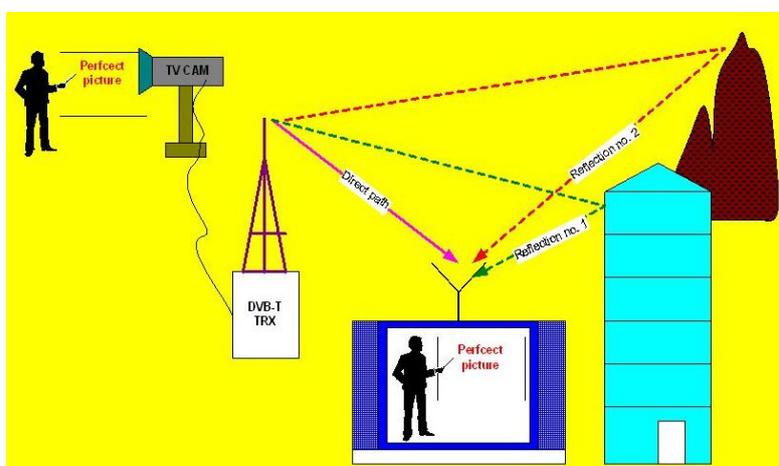


Figura 24: Funcionamiento COFDM

Fuente: http://images.slideplayer.es/9/2515223/slides/slide_60.jpg

Tener una menor tasa de símbolos por portadora se traduce en un período de símbolo más grande, lo que proporciona protección contra los ecos producidos por los múltiples caminos que toma la señal en su propagación. Este caso se da frecuentemente en las grandes ciudades, donde se puede recibir una señal directa del transmisor más una cierta cantidad de señales retardadas por las reflexiones con los edificios.

El hecho de tener un gran número de portadoras sobre las que se distribuye la información proporciona una protección contra interferencias co-canal, ya que si se pierde la información de una portadora debido a estas interferencias se pierde una pequeña porción de información que no tiene por qué ser relevante para la calidad de la transmisión.

La señal modulada tiene un intervalo de guarda, que es un período en el que la señal se mantiene constante, repitiendo un símbolo. De esta forma las señales que lleguen con un retardo menor que ese tiempo de guarda se pueden aprovechar como señales constructivas para mejorar la recepción.

Actualmente existen tres sistemas de radiodifusión digital a nivel mundial: DAB (Digital Audio Broadcasting), IBOC (In-band On-channel) y DRM (Digital Radio Mondiale) e ISDB-T (Radiodifusión Digital de Servicios Integrados).

2.5.4 SFN REDES DE FRECUENCIA ÚNICA

Tipo de radiodifusión donde distintos transmisores emiten la misma señal en el mismo canal de frecuencia.

Los esquemas de las redes de frecuencia única son de algún modo análogo a los sistemas de comunicación sin cables tales como la telefonía móvil o los sistemas WI-FI.

Se les suele nombrar como sistemas que transmiten con macro-diversidad, con CDMA “soft handoff” o redes de frecuencia única dinámica.

La transmisión con redes de frecuencia única se puede considerar como una forma de propagación multi-camino. Los receptores reciben los ecos de la misma señal, de modo que pueden formar interferencia constructiva o destructiva que pueden producir desvanecimientos o “fading”.

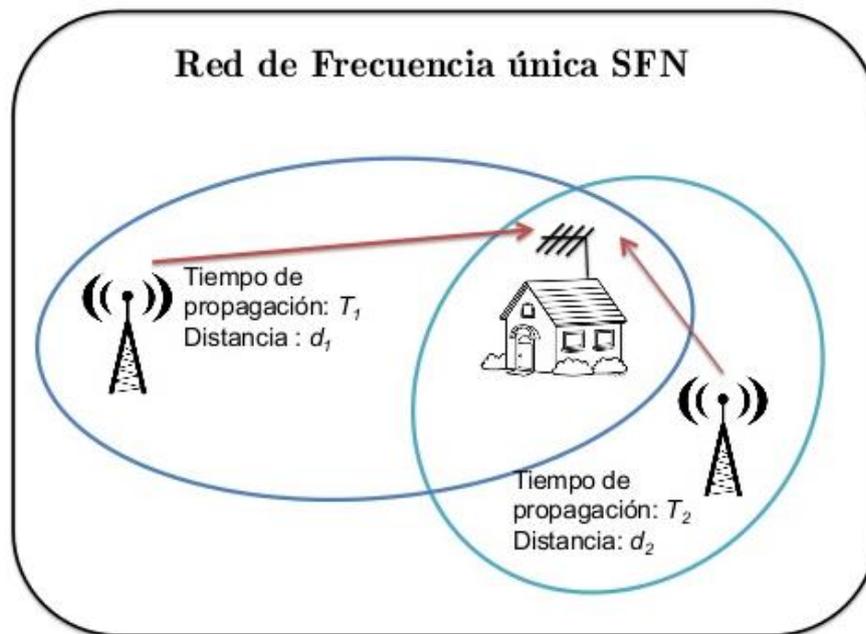


Figura 25: Esquema de Funcionamiento redes SFN

Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/introducciontdt-150901203922-1va1-app6891/95/introduccion-tdi-15-638.jpg?cb=1441140068>

Esta problemática es especialmente sensible en las comunicaciones de banda ancha y las comunicaciones digitales de alta velocidad ya que los desvanecimientos son selectivos en frecuencia. También cabe tener en cuenta la llamada Interferencia Inter-simbólica (ISI) debida a los ecos. Tanto los desvanecimientos como la ISI se pueden solucionar con esquemas de diversidad y filtros ecualizadores.

En radiodifusión digital de banda ancha, la cancelación de las interferencias resulta más simple gracias a los métodos de modulación OFDM o COFDM. OFDM usa un gran número de moduladores de poco ancho de banda en lugar de un solo modulador con un gran ancho de banda.

Cada modulador tiene su propio sub-canal y su propia sub-portadora. Gracias a esto se puede introducir un intervalo de guarda entre símbolos que después nos permitirá eliminar la Interferencia Inter-simbólica. Aunque los desvanecimientos sean selectivos en frecuencia, los podemos considerar llanos ya que las sub-portadoras que se usan son mucho más estrechas (banda estrechas).

En este contexto se introducen los filtros ecualizadores y adicionalmente el sistema de corrección de errores FEC (Forward Error Correction) por si la mayoría de sub-portadoras se ven afectadas por los desvanecimientos y se ve comprometida la demodulación de forma correcta. (ETSI, 2008)

La modulación OFDM es usada en la televisión digital terrestre (TDT) y en otros muchos sistemas de radiodifusión digital como el DAB, el HD Radio o el T-DMB. Todos ellos utilizan las redes de frecuencia única.

2.5.4.1 Ventajas

- Menor potencia de transmisión debido a la ganancia interna.
- Alta probabilidad de localización.
- Facilidad de ofrecer cobertura a las zonas de sombra con la reutilización de frecuencias.

2.5.4.2 Desventajas

- La red no se puede dividir.
- No se pueden usar determinados canales prohibidos.
- Es necesaria una sincronización entre los emisores.

2.5.5 RADIODIFUSIÓN DIGITAL DAB

DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING) es una norma europea y un estándar adoptado por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute – Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) y la EBU (European Broadcasting Union – Unión Europea de Radiodifusión). Los países en donde se utilizan este sistema son: España, Italia, Suecia, Alemania, Francia, Reino Unido y Bélgica, Canadá y algunos países asiáticos, como China. (REVISTA SUPERTEL, 2012)

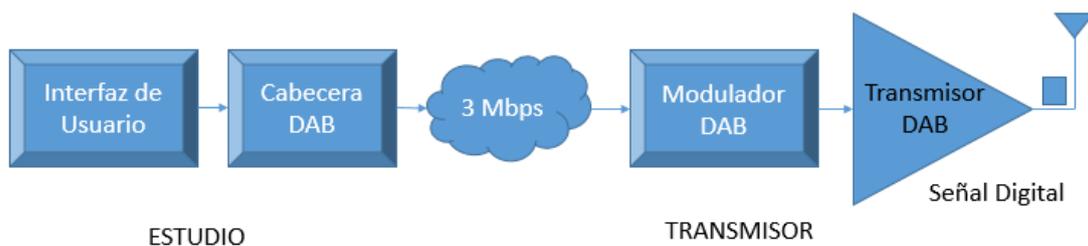


Figura 26. Sistema DAB comúnmente denominado EUREKA 147.

Fuente: (Untersee, 2004)

Cabecera DAB: En este bloque se realiza la codificación de audio, formateo de datos e Inserción, Servicio de Multiplexaje y generación de Señalización.

Modulador DAB: En este bloque se realiza codificación del canal y modulación digital.

Los sistemas de radiodifusión DAB muestran su estructura de funcionamiento en radiodifusión, como se observa en la figura anterior al tener un estudio en el cual se introduce el sistema DAB enlazado a un transmisor el cual consta de un modulador y transmisor DAB y su final es la salida mediante una antena.

Las bandas de transmisión utilizadas son:

- banda III (de los 174 a 240 MHz)
- banda L (de los 1452 a 1492 MHz)

La banda L está destinada a uso militar en Estados Unidos. En algunos países puede también transmitir por banda UHF.

Y la banda III está destinada para el uso de Digital Radio Broadcasting – DAB

2.5.5.1 Características y Ventajas según la página oficial de DAB son:

- La multiplexación de servicios tanto audio como datos en base al mismo canal de radiofrecuencia.
- Corrección de errores empleando potentes técnicas de codificación de la señal digital en base a códigos con entrelazados.
- Uso de OFDM en el que la información se distribuye entre múltiples frecuencias portadoras.
- El desarrollo de redes de frecuencia únicas SFN (SINGLE FREQUENCY NETWORKS), con esto mediante un único canal de radio y la reutilización de sus transmisores se puede cubrir áreas extensas.
- DAB trabaja en 30 – 3000 MHz lo que representa una gran ventaja ya que tiene una amplia gama de uso en el espectro.

2.5.5.2 Desventajas de DAB:

- El principal inconveniente es que no permite incluir señal analógica dentro del mismo ancho de banda, lo que hace que la señal solo sirva a receptores digitales.
- En el mercado existe disponibilidad de estos receptores pero la desventaja para no adaptarse a DAB es el costo económico de los mismos.
- DAB puede usar el espectro que usan los servicios de televisión tanto analógica como digital.
- Los transmisores DAB tienen una gran desventaja en el tema eléctrico ya que necesitan más energía que una transmisión analógica.
- Infraestructura totalmente digital.

2.5.6 RADIODIFUSIÓN DIGITAL IBOC

IBOC (IN BAND ON CHANNEL) es un término que describe la existencia de AM y FM como bandas de radiodifusión analógica y esquemas de canal para las transmisiones digitales. (Maxson, 2007)

Las bandas de transmisión utilizadas son inferiores a 30MHz (AM), incluyendo así frecuencias de 535 a 1710 kHz (OC) y FM 88 a 108 MHz.

Los países en donde se utiliza este sistema son: Estados Unidos, México, Tailandia, Indonesia, Nueva Zelanda, Brasil, Filipinas, Panamá, República Dominicana y Puerto Rico.

La estructura de los sistemas digitales IBOC tienen un excitador IBOC para AM y para FM y tiene las funciones de proporcionar un ruido estable, baja frecuencia

seleccionable por la señal de RF, se modulan con la señal múltiplex proporcionado por la placa de audio, y la amplifican a una potencia de salida controlable suficiente para conducir el amplificador de potencia, dentro de este sistema se encuentra un codificador de audio además de un adicional que es el envío de datos y un modulador digital.(FMUSER, 2008)

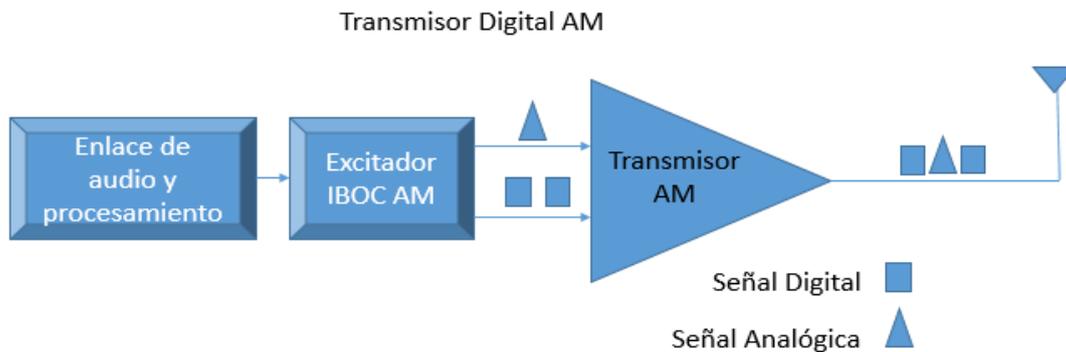


Figura 27. Sistema AM IBOC.

Fuente: (Untersee, 2004)

Lo que se muestra en la figura anterior es que en la transmisión Digital en AM se tiene un Bloque excitador IBOC que realiza tareas como codificación de audio, formateo de datos y la inserción, generación de señalización, codificación de canal y modulador digital.

Trabajan en la banda MF (300–3000 kHz) que tiene como ejemplos Radiodifusión en AM (onda media), Radio afición, Balizamiento de Aludes.

La diferencia entre el sistema digital IBOC AM y FM es que FM cuenta con un excitador análogo y a este se le añade un excitador de IBOC.

Estas señales se unen mediante un acoplador de baja potencia y se transmite digitalmente.

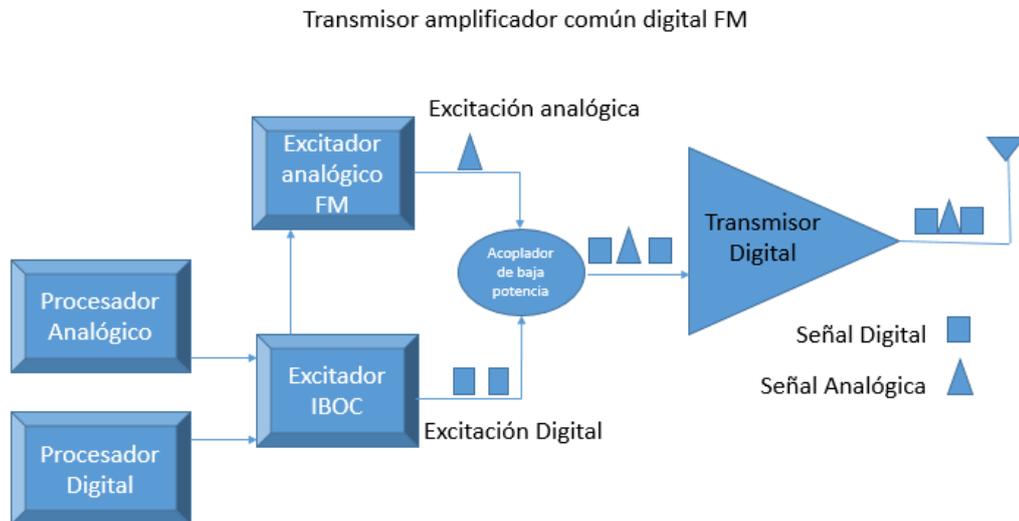


Figura28. Sistema FM IBOC.

Fuente: (Untersee, 2004)

La figura anterior muestra que la transmisión Digital en FM tiene un Bloque excitador IBOC que realiza tareas como codificación de audio, formateo de datos y la inserción, generación de señalización, codificación de canal y modulador digital.

Se observa también la coexistencia de las señales analógicas y digitales que atraviesan un excitador tanto analógico como un excitador IBOC y estas señales se suman y pasan a través de un acoplador de baja potencia para ser transmitida.

2.5.6.1 Características y Ventajas:

- Tiene la capacidad de realizar transmisiones de audio y datos.
- Puede simultáneamente transmitir señales analógicas y digitales.

- Los costos son una ventaja ya que trata de utilizar la infraestructura existente.
- No existe desvanecimiento de la señal.

2.5.6.2 Desventajas:

- Su principal inconveniente es que la convivencia de ambas señales puede producir solapamientos y, por tanto, pérdidas cualitativas.
- El sistema IBOC no es compatible con el estándar AM.
- IBOC tiene una limitada capacidad en el uso de datos.
- IBOC está sujeta al cobro de licencias para la incorporación de esta tecnología y actualizaciones lo que demanda de costos adicionales.
- Si se desea contenido adicional se debe comprar licencias adicionales.

2.5.7 ISDB-T

ISDB o Radiodifusión Digital de Servicios Integrados es un conjunto de normas creado por Japón para las transmisiones de radio digital y televisión digital.

Como la norma europea DVB, ISDB está conformado por una familia de componentes. La más conocida es la de televisión digital terrestre (ISDB-T e ISDB-Tb) pero también lo conforman la televisión satelital (ISDB-S), la televisión por cable (ISDB-C), etc.

Además de transmisión de audio y video, ISDB también define conexiones de datos (transmisión de datos) con Internet como un canal de retorno sobre varios medios y con diferentes protocolos. Esto se usa, por ejemplo, para interfaces interactivas como la transmisión de datos y guías electrónicas de programas de TV.

2.5.7.1 Principales características

- Transmisión de un canal HDTV y un canal para teléfonos móviles dentro de un ancho de banda de 6 MHz, reservado para transmisiones de TV analógicas.
- Permite seleccionar la transmisión entre dos y tres canales de televisión en definición estándar (SDTV) en lugar de uno solo en HDTV, mediante el multiplexado de canales SDTV. La combinación de estos servicios puede ser cambiada en cualquier momento.
- Proporciona servicios interactivos con transmisión de datos, como juegos o compras, vía línea telefónica o Internet de banda ancha. Además soporta acceso a Internet como un canal de retorno. El acceso a Internet también es provisto en teléfonos móviles.
- Suministra EPG (Electronic Program Guide, o guía electrónica de programas)
- Provee SFN (Single Frequency Network, Red de una sola frecuencia) y tecnología on-channel repeater (repetición en el canal). La tecnología SFN hace uso eficiente del espectro de frecuencias.
- Puede recibirse con una simple antena interior.
- Proporciona robustez a la interferencia multi ruta, causante de los denominados "fantasmas" de la televisión analógica y a la interferencia de canal adyacente de la televisión análoga. Sin embargo, según los criterios de planificación de la UIT R BT-1368-6, esta norma presenta la menor robustez a la interferencia de canales adyacentes analógicos ya que presenta de 31 a 33 dB, frente 32 a 38 dB del sistema DVB-T y 48 a 49 dB del sistema ATSC. Mientras mayor sea esta cifra, mejor es la robustez.

- Proporciona mayor inmunidad en la banda UHF a las señales transitorias que provienen de motores de vehículos y líneas de energía eléctrica en ambientes urbanos. Estas señales transitorias se concentran primariamente en las bandas de VHF, siendo más intensas en las gamas bajas como las Bandas I y II (54 a 88 MHz). Por esta razón, Brasil, desechó utilizar dichas bandas e informó que la banda III sería abandonada a la mayor brevedad posible. Japón también abandonará las bandas de VHF a partir del año 2011. Sin embargo, Brasil anunció hace poco que está efectuando pruebas de ISDB-Tb en VHF (canales 7 al 13) con vistas a la viabilidad de la transmisión de ISDB-Tb en esta banda.¹
- Permite la recepción de HDTV en vehículos a velocidades por sobre los 100 km/h. La norma DVB-T solo puede recibir SDTV en vehículos móviles, previo contrato con el operador e inicialmente se afirmaba que las señales ATSC no pueden ser recibidas en vehículos móviles en absoluto. Sin embargo, desde 2007 hay reportes de recepción exitosa de ATSC en computadoras portátiles usando receptores USB en vehículos móviles. Actualmente ATSC viene desarrollando un estándar de televisión móvil/portátil denominado ATSC-M/H que está en proceso final de aprobación. La norma China DTMB también permite varios programas móviles tanto compartidos con TV fija como llenando el canal, aunque se encuentra en etapa experimental.
- Incorpora el servicio de transmisión móvil terrestre de audio/video digital denominado 1seg (One seg). "1seg" fue diseñado para tener una recepción estable en los trenes de alta velocidad en Japón. Aunque todas las normas digitales existentes permiten la ventaja de transmitir en forma gratuita a televisores fijos y simultáneamente a móviles, en el sistema "1seg" al permitir la transmisión directa y gratuita a celulares, las empresas televisoras no tienen la facultad de elegir otro modelo distinto, obligándolas a la gratuidad del servicio para móviles.

2.5.8 RADIODIFUSIÓN DIGITAL DRM

DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE) es un estándar de radio digital que ha sido diseñado por los organismos de radiodifusión que en si eran compañías y organizaciones que intentaban crear un estándar internacional, con la asistencia y participación activa de fabricantes de transmisores y receptores y otras partes interesadas como las instancias reguladoras como ETSI – UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

El 16 de junio de 2003 se iniciaron las primeras emisiones regulares. El sistema ha sido aprobado en el año 2003 por la UIT (recomendación ITU-R BS 1514) y recomendado por ese Organismo como único estándar mundial en las bandas entre 3 y 30 MHz (Onda Corta). También ha sido estandarizado por la norma IEC-62272-1 y por la ETSI ES- 201980. (REVISTA SUPERTEL, 2012).

Ha sido diseñado específicamente como un reemplazo digital de alta calidad para la radiodifusión analógica actual en las bandas de AM y FM / VHF; como tal, que puede trabajar con las mismas asignaciones de canalización y espectro empleados en la actualidad. (<http://www.drm.org>, 2015)

DRM ha recibido las recomendaciones necesarias de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), por lo tanto, proporciona el apoyo normativo internacional para que las transmisiones tengan lugar.

El principal estándar DRM, ha sido publicado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones - ETSI. Además, ETSI publica y es el depositario de toda la gama de normas técnicas actuales de DRM – Digital Radio Mondiale.

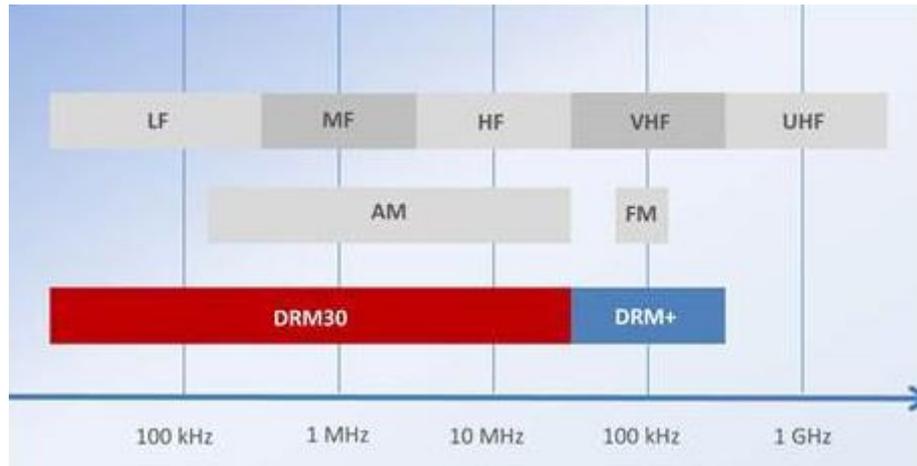


Figura 29. Bandas de frecuencia en las que opera DRM.

Fuente: (<http://www.drm.org>, 2015)

Como se observa en la figura anterior para frecuencias menores a 30MHz se crea el estándar DRM30 y para frecuencias mayores a 30MHz se crea el estándar DRM+.

En la página oficial de DRM se describen varios modos de funcionamiento, que pueden ser ampliamente divididos en dos grupos, estos son:

- Modos DRM30, están diseñados específicamente para utilizar las bandas de radiodifusión AM por debajo de 30 MHz
- Modos DRM+, utilizan el espectro de 30MHz a 300MHz, centrada en la banda II de radiodifusión FM

En la figura siguiente se representan los rangos de frecuencia en los que trabaja cada modo DMR, en la izquierda están las frecuencias por debajo de 30MHz divididas en las bandas corta: S, media: M y larga: L. Y en la parte derecha se muestra las frecuencias mayores a 30MHz divididas en las bandas I, II, II que corresponden a VHF – Muy Alta Frecuencia.

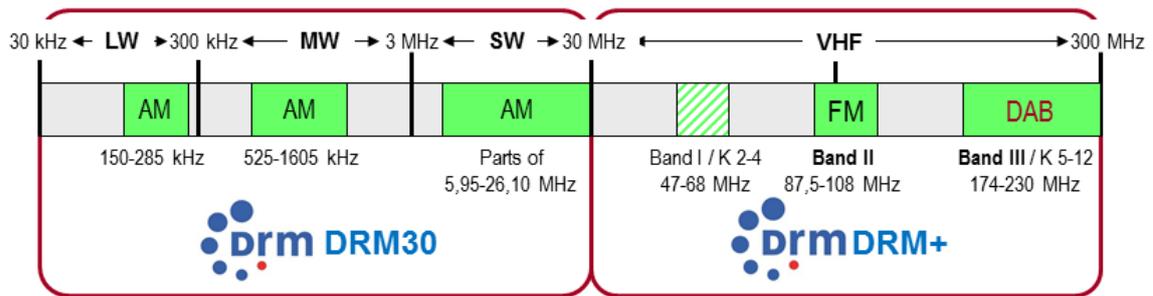


Figura 30. Modos de Funcionamiento de DRM.

Fuente: (DRM.ORG, 2014)

En la siguiente figura se muestra el flujo general de las diferentes clases de información como:

- Audio: Señal eléctrica sonora.
- Datos: Información
- Etc.: Servicios adicionales

Esto se lo realiza desde su origen que es en un centro de estudio o de control hasta un receptor DRM a la derecha.

El funcionamiento no es muy complejo, se debe tener en cuenta en donde está situada la fuente de programación, la cual será difundida. Esta atraviesa por multiplexores y codificadores hasta un modulador que adecua la señal para ser transmitida mediante una antena.

Después se realiza la transmisión de la señal denominada Transmisión DRM y ahora se realiza el proceso inverso que es recibir la señal modulada por medio de

un dispositivo digital, se la de-modula, atraviesa por un de-multiplexor y la señal esta lista para ser escuchada.

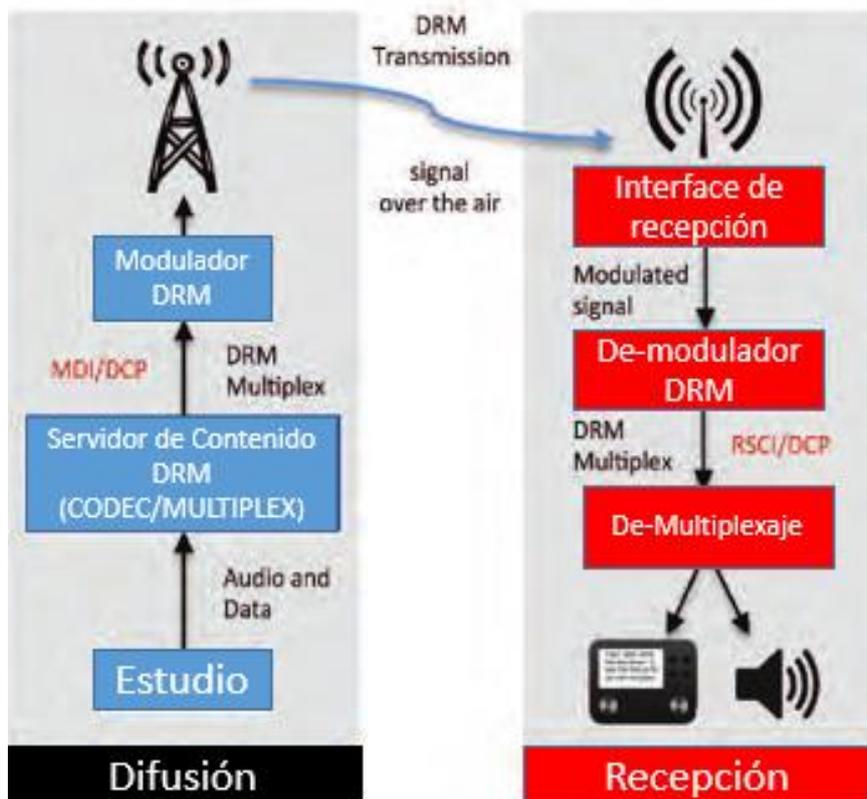


Figura 31. Simple Cadena de Radiodifusión DRM.

Fuente: (Consortium, 2013)

2.5.8.1 Canalización de DRM +

Como se observó anteriormente DRM+ trabaja sobre la banda de 30MHz es decir en las frecuencias que van desde 87.5 a 108 MHz.

Se tiene dos modos de canalización en DRM+,

- Canalización combinada: es decir un híbrido entre FM y DRM+
- Canalización digital: es decir todo el sistema DRM+

2.5.8.2 Análisis del Espectro de DRM +

Como se observó con FM, en DRM se toman los mismos parámetros para realizar este análisis. Es decir, se toma el canal total del espectro en uso con la diferencia que para el modo combinado se añade los 200 KHz en la suma del espectro.

$$\% \text{ Uso Espectral} = \frac{\text{Espectro Utilizado}}{\text{Banda Asignada del Servicio}} \times 100\%$$

Ecuación 6: Uso espectral

$$\% \text{ Uso Espectral} = \frac{(50 * (200 + 100) \text{ KHz}) \times 100\%}{(108 - 88) \text{ MHz}} = 75\%$$

Como se observa en la ecuación anterior, al usar la combinación de FM y DRM+ se obtiene un 75% de uso eficiente del espectro. Mientras que si se realiza todo el sistema digital se obtiene mejor eficiencia ya que la utilización del espectro tendría 199 canales de 100 KHz desde 88.1 hasta 107.9 MHz.

$$\% \text{ Uso Espectral}_{\text{Nacional}} = \frac{(199 \text{ canales} * 100 \text{ KHz}) \times 100\%}{(108 - 88) \text{ MHz}} = 99.5\%$$

Dentro de las características de DRM se menciona que se tiene multiservicios, es decir que puede tener hasta 4 servicios por el mismo ancho de banda. Si se realiza un análisis de la saturación del espectro pero con la combinación de FM y DRM+ se tiene el siguiente resultado.

$$\% \text{ Saturación}_{\text{FM-DRM+}} = \frac{(50 \text{ estaciones}) \times 100\%}{(50 \text{ canales} * 4 \text{ estaciones})} = 25\%$$

El resultado de la ecuación anterior demuestra que se tiene un 25% menos de saturación al combinar FM y DRM+. Si este proceso se lo aplica a nivel nacional se tiene.

$$\% \text{ Saturación}_{FM-DRM+ - Nacional} = \frac{(936 \text{ estaciones}) \times 100\%}{(800 \text{ canales} * 4 \text{ estaciones})} = 29.25\%$$

Esto representa un 29.25% de disminución de saturación del espectro a nivel nacional en el caso de la implementación un híbrido entre FM y DRM+.

Para el caso de tener un sistema digital completo es decir todo con DRM+, se tendría lo siguiente:

$$\% \text{ Saturación}_{DRM+ - Ibarra} = \frac{(38 \text{ estaciones}) \times 100\%}{(199 \text{ canales} * 4 \text{ estaciones})} = 4.77\%$$

Se observa una menor saturación en la zona de la ciudad de Ibarra, ahora, a nivel nacional con un sistema completo DRM+ permite 2 transmisores por canal adyacente y se tendría lo siguiente:

$$\% \text{ Saturación}_{DRM+ - Nacional} = \frac{(936 \text{ estaciones}) \times 100\%}{(800 * 2) \text{ canales} * 4 \text{ estaciones}} = 14.625\%$$

Este resultado nos brinda una menor saturación a nivel nacional con el sistema completamente digital usando DRM+.

2.5.8.3 Características y Ventajas de los sistemas DRM:

- La vulnerabilidad de los sistemas analógicos frente a problemas como el ruido, distorsión e interferencias dan cabida a la búsqueda de nuevas tecnologías como DRM que reduce estos inconvenientes ya que realiza tanto una modulación como codificación con lo cual los errores son mínimos al transmitir la información.
- Mejora enormemente la calidad de audio así como también la fiabilidad de la señal de los servicios de radiodifusión.
- Trabaja bajo el sistema de codificación de audio MPEG-4 AAC que es el más eficiente de todos los sistemas de radio digital. Los archivos codificados en formato AAC permiten bajar dos escalones la calidad del archivo sin perder calidad de sonido. (Pereira, 2002)
- Cada receptor DRM cuenta con un filtro para que las eliminen señales no deseables como ruido, etc. Esto es una gran ventaja respecto a los receptores analógicos.
- En DRM el uso de un transmisor de baja potencia hace que se pueda ahorrar recursos energéticos al transmitir programas, esto respecto a los transmisores FM.

Al momento no ha considerado otros sistemas digitales que puedan adoptarse como estándares debido a que no cumplen con los requisitos que ETSI dispone.

2.6 COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL.

Los sistemas de radiodifusión digital mejoran en gran magnitud la calidad tanto en transmisión como recepción de la programación hacia los radioescuchas, una vez que se han visto las características de cada uno de los estándares, DRM es uno de los mejores sistemas para la radiodifusión sonora ya que puede trabajar tanto en AM como en FM.

Para el análisis comparativo de los distintos estándares de radiodifusión digital se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos técnicos según sus características, ventajas y desventajas, en la tabla siguiente se muestran la comparación entre cada uno de los estándares digitales.

Tabla 6. Sistemas De Radiodifusión Digital

	DAB	IBOC	DRM
ORIGEN	Creado por el consorcio Europeo EUREKA 147	Desarrollado en Estados Unidos	Consortio Internacional Europa
Año de aprobación del estándar	1995	2002	2009
Banda de Frecuencia	Banda III y Banda L	MF y Banda II	FL, FM, FH
Capacidad de Modo Híbrido	NO	SI	SI
Capacidad Modo Solo Digital	SI	SI	SI
	MPEG1 Capa II y MPEG2 Capa II	Propietario 36 – 48 Kbps 96 – 150 Kbps	MPEG4 (AAC+) 8 – 48 kbps CELP (voz) HVXC (voz)

Codificación de Audio	media tasa de muestreo 8 – 384 kbps		2 – 8 kbps
Modulación	COFDM	COFDM	COFDM
Capacidad Redes de Frecuencia Única (SFN)	SI	SI → FM NO → AM	SI
Ancho de Canal	-	30 KHz AM 400 KHz FM	9, 10, 18, 20 27, 30 kHz
Multi Servicios	-	Hasta 2 AM: Audio y datos Hasta 4 FM: Audio, datos y varios	Hasta 4: Audio, datos y Ajustable
Estándar	Abierto	Propietario	Abierto
Objeto de Cobertura	Pequeña a Media	Media	Media a Alta y Muy alta

Fuente: Autor – Fuentes Varias

En base a las bandas de frecuencia, DRM puede trabajar en una mayor cantidad de bandas que DAB e IBOC. Considerando que se puede trabajar en VHF con DRM+.

DRM e IBOC tienen la capacidad de trabajar en modo híbrido, en cambio DAB solo permite un modo de trabajo. El modo híbrido tiene como sentido una migración progresiva hacia la totalidad de la radiodifusión digital. Con DRM se puede utilizar la mayoría de los componentes existentes en la infraestructura FM y añadir los recursos DRM para la digitalización.

DRM tiene una codificación de audio mejorada (AAC) que le permite una mayor compresión de audio sin perder la calidad y se pueden incorporar más códecs. En

cambio DAB se ve limitada por la codificación en MPEG2 con media tasa de muestreo e IBOC se limita al utilizar códecs propietarios.

DRM puede dar hasta 4 multiservicios de voz, datos tanto en AM como FM, IBOC brinda hasta 2 servicios en AM y hasta 4 servicios en FM. DAB no tiene la opción de multiservicios.

DAB es un estándar abierto, al igual que DRM. IBOC se ve limitada al ser un estándar propietario. En cuanto al objeto de cobertura, DAB va desde pequeña a media. IBOC tiene media y DRM domina este ya que va desde media alta a muy alta.

En cuanto a la modulación, todos estos estándares utilizan COFDM. Pero con una variante:

- DAB: Tiene modulación COFDM (DQPSK, QPSK)
- IBOC: Tiene modulación COFDM (16 QAM, 64 QAM)
- DRM: Tiene modulación COFDM (16 QAM, 64 QAM)

En función a su modulación sobresalen DRM e IBOC ya que ofertan modulación QAM, es decir, el uso de esta técnica tiene que ver con un ahorro en el uso de ancho de banda disponible.

DRM, en base a sus características y ventajas, se ha determinado como una buena opción ya que es un sistema abierto, además permite el aumento del número de estaciones de Radiodifusión dentro de la banda actualmente asignada para Radiodifusión FM.

Teniendo en consideración que una emisión DRM puede contener 4 programas de audio diferentes, sería posible que las radios libres de una misma región se unieran, por ejemplo, y haciendo uso de las posibilidades que DRM ofrece se podría aumentar en 8 veces el número de estaciones posibles. (<http://www.drm-brasil.org/>, 2015)

Las estaciones que actualmente transmiten en las bandas FM y AM podrán mejorar drásticamente la calidad de audio debido al códec MPEG-4 ya que incluye un avanzado codificador de audio - AAC.

Las estaciones que en este momento transmiten en la banda de FM podrán operar con el sistema SURROUND 5.1 que tiene como objetivo enriquecer la calidad de la señal de una fuente.

Con el estándar DRM es posible transmitir diapositivas, textos, páginas web, e incluso video en vivo con baja definición a receptores que cuenten con tales opciones.

Ya observadas las características y para poner en práctica estos conceptos para poder realizar una proyección de cómo sería la cobertura del sistema se requiere de un software que permita realizar una simulación de su cobertura.

2.7 SOFTWARE DE PREDICCIÓN DE COBERTURA

En la actualidad existen algunas herramientas que permiten realizar simulaciones de predicción de cobertura de una señal de radiodifusión en forma teórica. Estas herramientas realizan cálculos en base a parámetros solicitados, por lo general trabajan en base a frecuencias.

Debido a la complejidad del diseño de cobertura o a otros factores que dificulten el realizar este tipo de procesos se optó por indagar en ARCOTEL y se identificó que se usa un software llamado ICS TELECOM.

Los softwares que mayormente o comúnmente se utilizan para diseños de cobertura son los mostrados a continuación.

- RADIO MOBILE
- ICS TELECOM

2.7.1 RADIO MOBILE

Es un programa de simulación de radio-propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones. (Radiocomunicación, 2015)

Este software permite realizar apreciaciones del lugar de cobertura con un margen de error de 100 m. Tiene fuentes de mapas terrenos que provee de altitud y demás parámetros. Además se puede usar en un rango de frecuencias que va desde los 20MHz hasta los 20GHz.

Una de las vistas generadas de radio mobile se pueden apreciar en la siguiente imagen.

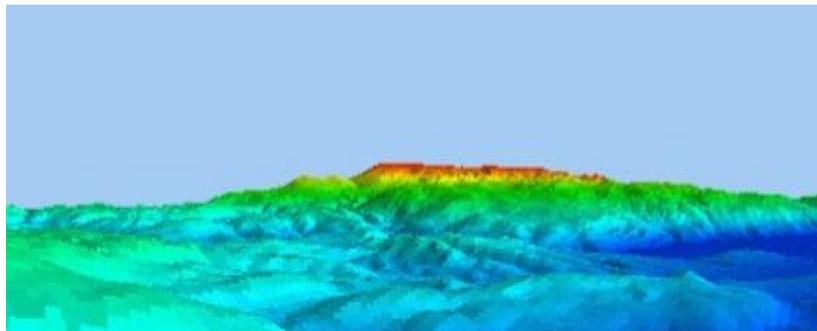


Figura 32. Vista en 3D generada con Radio Mobile

Fuente: Extraído de

<http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>

2.7.1.1 Características

- Usa un modelo conocido como Modelo del Terreno Irregular (ITM).
- El modelo ITM trabaja en el rango de 20MHz a 20GHz.
- El software puede ser usado es simulaciones WLAN/WMAN.

- Se usan herramientas y mapas digitales.
- Trabaja en múltiples sistemas operativos.

2.7.1.2 Requerimientos

- Conocer la posición GPS del sitio o sitios
- Cartografía digital
- Hoja de especificaciones técnicas del equipamiento que queremos/planeamos usar.
- Información acerca del tipo de terreno, clima del área.
- Características de los equipos, antenas, potencia, sensibilidad del receptor, que quieren simularse.

2.7.1.3 SRTM - SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION

- Un tipo de cartografía digital
- Imágenes de radar con una resolución de 30 metros
- Latinoamérica esta muestreada con 3 arco segundos
- Las imágenes son descargables gratuitamente.
(<http://www.sector14.net/~curt/srtm/>)
- Se requiere acceso a Internet

2.7.2 ICS TELECOM

ICS TELECOM es la herramienta capaz de crear cualquier red de radio, del tamaño que sea, desde la implantación local hasta un espacio nacional. Los ejemplos en base a esta herramienta son:

- La modelización de proyecto.
Esto en base al diseño de sistemas que proveen cobertura.
- Dimensionar infraestructuras.
En base a cálculos de diseño de cobertura.
- La optimización del espectro.
En base a nuevos estándares relacionados con la digitalización.
- La administración de sistema
Hace posible una administración sobre el diseño del sistema.
- La optimización de red
En base a los recursos del programa se logra optimizar la red.

ICS TELECOM puede utilizarse para todas las tecnologías de radio actuales, tanto fijas como móviles, a diferencia de Radio Mobile que tiene un máximo de 20GHz IC TELECOM tiene una gama de frecuencia de 10kHz a 450GHz, como por ejemplo:

- Difusión TV y radio
- Televisión analógica
- Televisión digital terrestre
- Comunicaciones fijas
- Comunicaciones móviles
- Microondas
- Celular/UMTS

- Radar
- Satélite
- Telemetría

2.7.3 LICENCIA ICS TELECOM

ICS TELECOM está sujeto a la compra de licencias para obtener todos los beneficios del software, entre las funcionalidades se incluye:

- Soporte técnico durante 1 año (teléfono, correo electrónico)
- Contrato de mantenimiento con acceso a las actualizaciones periódicas de software durante 1 año.
- 1 día por año de formación sobre software, en las instalaciones de ATDI (París, Moscú, Londres, Varsovia, Sydney, Washington, Madrid, Bucarest, Bombay) o en las instalaciones del cliente (excluyendo los gastos de viaje y estancia).
- Llave de BING MAPS.
- Tarifas especiales de ICS CLOUD para licencias adicionales requeridas durante un período específico de tiempo.
- Acceso al módulo online World Wide Builder durante 1 año.
- Licencia ICS MAP SERVER durante 1 año
- Acceso a ICS online durante 1 año, que incluye
 - 50 MB de almacenamiento (más capacidad de almacenamiento por un precio adicional)
 - Posibilidad de cargar coberturas radio y sitios

- Intercambio de datos (pública o protegida por contraseña)
- Acceso a la base de datos BRIFIC
- Estaciones de exportación y MW
- Acceso a DTM mundial de 20 metros (a partir de 01/01/2013)

ARCOTEL (2015), se expresó que al estar el software ICS TELECOM bajo licencia puede caducarse pero a su vez puede ser renovado anualmente a partir del año siguiente al pedido.

2.7.4 CARACTERÍSTICAS DE ICS TELECOM

ICS TELECOM tiene características basadas en parámetros de radiodifusión tanto en televisión como en radio. Además provee servicios para planificaciones de redes móviles, etc.

2.7.4.1 Diseño y Planificación Integral

Cada suscriptor puede conectarse a la mejor estación base en función de la ocupación del espectro y tráfico, además se realizan revisiones del enlace para cualquier suscriptor.

ATDI (2015) menciona que también se permite realizar un análisis de disponibilidad de cada estación, esto se debe hacer con planificación de frecuencias y análisis de interferencias para difusión tanto analógico como digital (TV y Radio)

2.7.4.2 Radioenlaces punto a punto y punto a multipunto

En el software ICS TELECOM se pueden realizar diseño de red punto a punto con balance de enlace y análisis de radioenlace Punto a Punto. Esto se logra con una planificación de frecuencias y Análisis de interferencias.

2.7.4.3 Redes Móviles

Según ATDI (2015) se afirma que el diseño de redes es más sencillo mediante su interfaz intuitiva para planificación celular, análisis de cobertura, cálculo de interferencias y análisis de Tráfico.

2.7.4.4 Funcionalidades específicas 3G

Además esta herramienta permite la validación de sitios existentes realizando un análisis de las redes con su respectivo diseño de las mismas mediante un despliegue automático de emplazamientos y un modelado de tráfico multi-servicios.

En las tablas 5, 6, 7 y 8 se muestran parámetros y características que presenta ICS TELECOM en cuanto a ajustes de software, propagación, atenuación, cobertura, y vistas generadas sobre el software.

Tabla 7. Parámetros de ajustes Software ICS TELECOM

ESTACIÓN	ESPECÍFICOS MICROONDAS
Posición	Parámetros estación
Altura del mástil	Base de Datos amplificador
Potencia	Base de Datos cables
Ganancia	1 o 2 antenas por terminal
Atenuaciones	Orientación automática

Fuente: <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

Los parámetros basados en la posición geográfica en donde se halla el transmisor/receptor son ajustables mediante el software ICS TELECOM, además según la versión digital DRM del Consorcio DMR (2013), en las bandas de VHF, DRM + se puede configurar para usar menos espectro de emisiones de FM estéreo actuales, además, los beneficios potenciales de una mayor robustez, potencia de transmisión reducida, aumento de la cobertura o servicios adicionales.

Tabla 8. Parámetros de propagación y difracción de ICS TELECOM

PROPAGACIÓN	DIFRACCIÓN
Fresnel	ITU-R 526 round mask
ITU-R 370	ITU-R 526 cylinder
ITU-R 525/526	Visibilidad
MOD_370_7	
Modelo usuario	

Fuente: <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

Los parámetros que posee ICS TELECOM al momento de uso de propagación y difracción se base a recomendaciones de la ITU-R, estas recomendaciones se basan en características utilizadas por el software para tener un margen de precaución al momento de la simulación.

Tabla 9. Parámetros de cobertura, atenuación ICS TELECOM

Coeficientes de atenuaciones	Análisis de Red	Análisis
Db/km	Cobertura	Cobertura
Atenuación usuario	Modelos de Propagación	Disponibilidad
		Tiempo de Llegada de las señales

Fuente: <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

La simulación de cobertura con el software ICS TELECOM se basa en parámetros ajustables y modelos de propagación entre otras funcionalidades que se las menciona a continuación.

Tabla 10. Parámetros adicionales ICS TELECOM

Otras Funciones	Gestión de la Cartografía
Restricciones	Coberturas en transparencia
Informes	Vistas 2D
Conexión GPS	Vistas 3D
Comparaciones Mediciones / Simulación	Filtros

Fuente: <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

Las funciones adicionales que ofrece ICS TELECOM se muestran en la tabla 6 entre las que se destacan las comparaciones que realiza el software para la simulación de áreas de cobertura y de redes móviles, además realiza las mediciones de forma automática al ingresar valores correspondientes a lo solicitado, algo importante en destacar es el uso de otras licencias para utilizar estas funcionalidades como GPS y restricciones.

ICS TELECOM ayuda a los usuarios a visualizar la cobertura realizada con varias vistas ya sea en 2 o 3D. Proporciona mediciones en base a los ajustes realizados.

2.8 IMÁGENES DE REDES DE RADIO

Las imágenes de redes de radio son las proporcionadas a través de la interfaz de ICS TELECOM para la simulación.

2.8.1 IMÁGENES EN 3D

Captura de pantalla de imagen 3D de una cobertura desde dos transmisores y enlace de radioenlace entre dos emplazamientos.

En modo 3D, los usuarios pueden visualizar un proyecto bajo cualquier ángulo y cualquier altura con la posibilidad de zoom delantero o trasero en el proyecto. En esta captura de pantalla, se nota una ciudad en el primer con unas colinas en segundo plano. (ADVANCED_RADIOCOMMUNICATIONS, 2015)

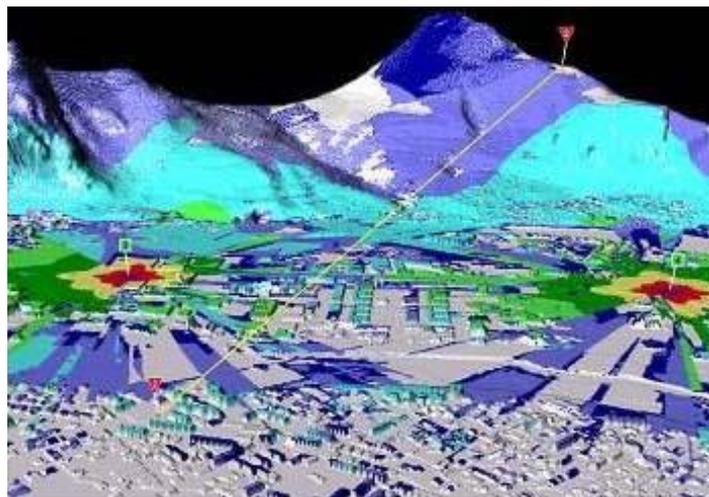


Figura 33. Imagen 3D ICS TELECOM

Fuente: Extraído de <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

2.8.2 ANÁLISIS DE POSIBLES INTERFERENCIAS

La mayoría de las redes de radio actuales se encuentran frente a problemas de ruido. La fuerte demanda de espectro implica de compartir las frecuencias. ICS TELECOM permite al encargado de planificación analizar las interferencias y ajustar la capacidad de la red en función del espectro disponible y del presupuesto. (ADVANCED_RADIOCOMMUNICATIONS, 2015)

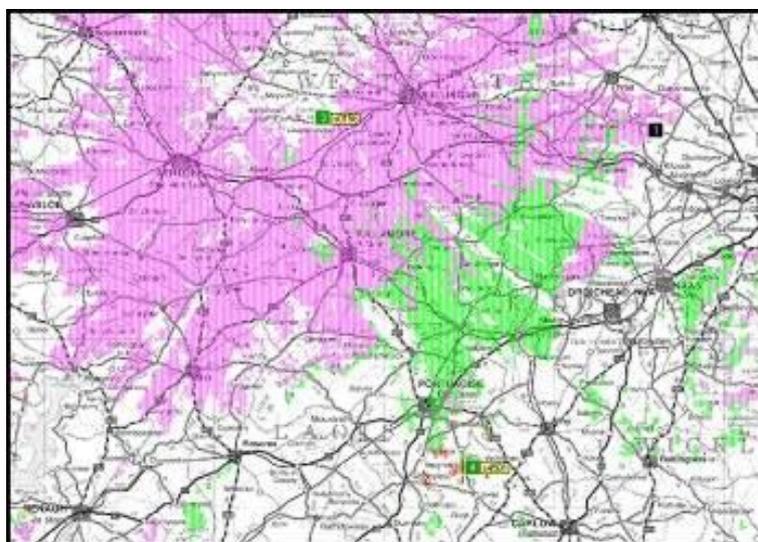


Figura34. Análisis Posibles Interferencias

Fuente: Extraído de <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

2.9 SISTEMAS Y EQUIPOS

Los principales sistemas utilizados en una estructura DRM+ se detallan a continuación con sus características y equipos los cuales intervienen en cada uno de ellos.

2.9.1 SISTEMA DE EMISIÓN

Este sistema de emisión es la estación de radio ubicada en la ciudad, la señal proviene de un estudio en donde se emite cierta programación la cual viaja hacia una antena emisora.

Los equipos que intervienen en este proceso son:

- Equipos de baja potencia
 - Micrófonos:
La salida de estos micrófonos es digital a través de un puerto USB fácil de conectar a una computadora.



Figura 35. Micrófonos USB digital

Fuente: Extraído de <http://www.analfatecnicos.net/fotos/126.jpg>

- Mezcladores:
Mezclador de cuatro canales digitales.



Figura 36. Extraído de Mezclador Digital

Fuente: http://www.inresagt.com/INRESA_2012/video/mixers-switchers/m-mezcla-edior1/207-edior1-v-4x

- Consolas de Audio
Consola digital compacta de audio para aplicaciones en radio y televisión.



Figura 37. Consola de Audio Digital

Fuente: Extraído de <http://www.panoramaaudiovisual.com/2011/09/06/aeq-presentara-en-ibc-nuevos-equipos-digitales-de-audio-y-comunicaciones/>

2.9.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

La ubicación de este sistema se encuentra alejado de la estación emisora, estos sistemas realizan la recepción, amplificación y envío de las señales provenientes de la estación emisora.



Figura 38. Amplificador Digital

Fuente: Extraído de <http://www.unicaudio.com.br/amplificadores/amplificadores/zx-1000>

Uno de los equipos digitales capaces de realizar una amplificación de la señal existente en forma digital son los amplificadores de marca Harris modelo zx1000.



Figura 39. Transmisor Digital

Fuente: Extraído de http://www.elettronika.it/en/radio_broadcasting_product.asp?id=33

Existen también algunos transmisores que permiten la salida digital pero, se debe tener presente el rango de frecuencias en el que puede trabajar, muy pocos transmisores trabajan en las frecuencias mayores a 100 MHz.

2.9.3 SISTEMA DE RECEPCIÓN

Este sistema simplemente es el medio por el cual se reciben las señales de radiodifusión. La radio es un ejemplo claro de un receptor de radiofrecuencia.



Figura 40. Receptor de Radio Digital

Fuente: WEBINAR 2013 DRM

En el ANEXO 4 se observa los perfiles de radio digital de estos receptores, estos ya están disponibles en la página oficial de DRM, y los organismos como ARCOTEL en Ecuador tienen como guía este documento así como también varios fabricantes.

Principalmente un receptor de radio típico debe contener varios bloques:

- Antena
- RF Front End⁵³
- Demodulador / Demultiplexor
- Decodificador de Audio / Servicio de Datos
- Amplificador / Altavoz
- Controlador de Micro-procesador / Controlador del Display

Los componentes como antenas, amplificadores y el altavoz son elementos usados ya en la recepción analógica y también serán usados en la radiodifusión digital.

2.10 VALOR AGREGADO DE LA RADIO DIGITAL

La evolución en la tecnología ha hecho posible que las emisoras de radio tengan la posibilidad de acceder a los servicios de la digitalización con ciertas ventajas que se las considera valor agregado.

Los radioescuchas pueden crear su propia radio seleccionando las canciones que desea escuchar en el momento que desea escucharlas, volver a visitar o escuchar informaciones que ya fueron emitidas. La calidad de la programación por la demanda será más exigente. Los radioescuchas tendrán aún más interés en participar en los programas radiales ya que serían más interactivos.

La programación, producción y transmisión de las emisoras que transmiten por internet cambió para dar paso a una oferta informativa, musical y de entretenimiento más amplia, ofreciendo nuevos formatos fundamentados en contenidos concretos como la salud, deporte, medio ambiente, cultura, entre otros tópicos. (Herrero, 2014)

Involucrados en la radio digital sobre internet:

- **Oyentes**

Los radioescuchas no deben hacer otra inversión adicional que la que ya han hecho Celular y PC.

- **Radiodifusores**

Para los radiodifusores la inversión es mínima

Sólo se debe adicionar un generador de STREAMING y una conexión con el ancho de banda suficiente de acuerdo con la demanda

Buen proveedor de servicio de internet

Como se puede observar en la figura siguiente, la digitalización proporciona servicios adicionales y flexibilidad para administrar la información además de contenidos multimedia como publicidad, imágenes, juegos y demás.

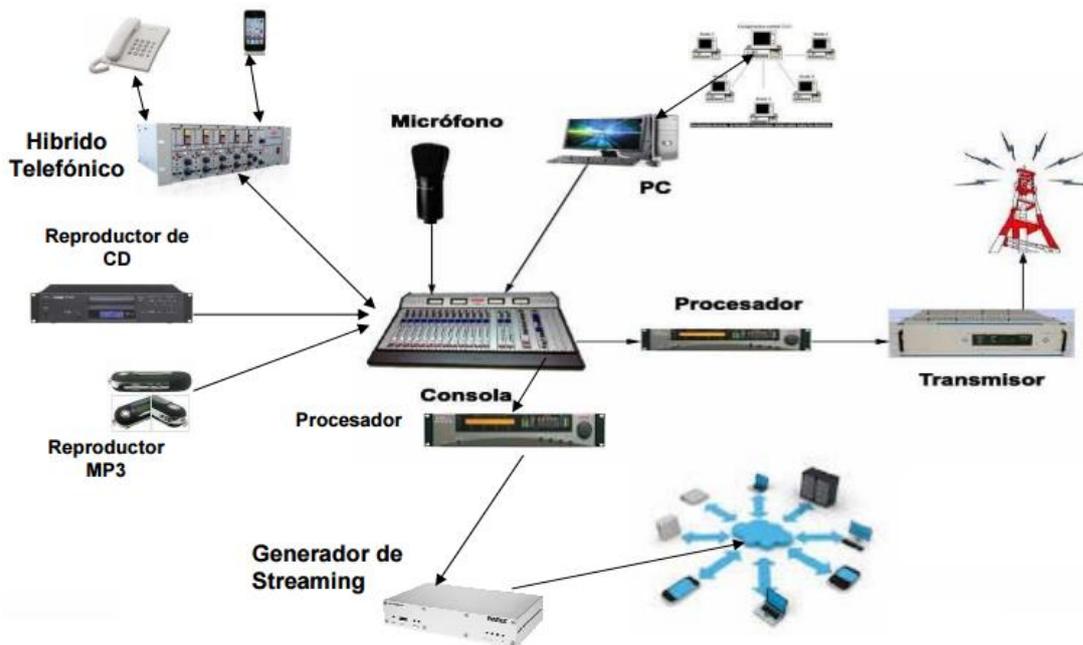


Figura 41. Valor Agregado en Radio Digital

Fuente: Recuperado de <http://www.encuentrosregionales.com/2014/wp-content/uploads/Valor-agregado-para-emisoras-de-radio-Garcia-Herrero.pdf>

DRM cuenta con servicios de valor agregado propios de consorcio:

- **Mensajes de texto DRM:** DRM ofrece a los radiodifusores la opción de enviar una secuencia de mensajes de texto cortos, máximo 128 caracteres de longitud. Estos mensajes están siempre asociados al programa de audio, por ejemplo, canción, artista, nombre del programa, noticias de la estación, etc.
- **Servicio de información de texto JOURNALINE:** Este es un servicio de información basado en texto que puede ser manejado como un servicio asociado a un programa de audio o como servicio independiente. En este

caso, el usuario tiene acceso a una lista de diferentes temas, de la cual es posible seleccionar los que son de interés.

- **EPG:** Esta es una guía digital de la programación disponible; el contenido es típicamente desplegado en la pantalla del receptor con funciones que le permiten al usuario navegar, seleccionar y buscar el contenido mediante el horario, título, canal, género, etc. Además, la EPG permite también la grabación de los programas de interés, ya sea por medio del receptor DRM, o mediante un grabador digital.
- **SLIDESHOW:** El contenido de este servicio puede estar compuesto de manera tal que se le presente al usuario información útil cada vez que este mire la pantalla del receptor. Generalmente se transmite información relacionada con el programa (portadas de discos, logotipo de programa, fotografía del presentador, mapas, fotografías, imágenes relacionadas con noticias, etc.), aunque también puede incluirse información totalmente independiente del servicio de audio (anuncios, alertas de clima, etc.).
- **DIVEEMO:** Esta es una aplicación, aún en desarrollo, que está basada en DRM y permite el envío de video a pequeña escala, por lo que podría ser utilizada con diferentes fines, dependiendo de los deseos del radiodifusor:
 - a. Como un sistema de educación a distancia.
 - b. Servicio de noticias basado en video.
 - c. Aplicación para anuncios mediante video.
 - d. Sistema de información de emergencia.



Figura 42. LOGO APP DIVEEMO

Algunos de los parámetros técnicos de DIVEEMO usados en la demostración incluyen lo siguiente:

- Compresión de Video H.264 (MPEG-4 AVC)
- Codificación de Audio HE-AAC v2
- 176 x 144 pixeles, 16.7 millones de colores
- 8 tramas por segundo
- Velocidad neta de datos – 48.54 kbps

Para DRM+, los parámetros usados en DIVEEMO son similares excepto la velocidad de la trama, esta se incrementa a 15 tramas por segundo resultando en una velocidad neta de 185 kbps.



Figura 43. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO

Fuente: Recuperado de <https://i.ytimg.com/vi/LwOQJY9xzSc/maxresdefault.jpg>

Como se muestra en la figura anterior para recibir una señal de radiofrecuencia digital en el equipo DRM DIVEEMO primero se presiona el botón de Menú.

Después se escoge la opción que se va a recibir, en este caso se escoge RADIO y aparecerá la siguiente figura y se selecciona LISTEN TO THE RADIO.



Figura 44. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO

Fuente: Recuperado de <https://i.ytimg.com/vi/LwOQJY9xzSc/maxresdefault.jpg>

Se verifica la frecuencia en la que se está recibiendo la señal y se acepta y se espera a que exista Audio y Video de la Frecuencia seleccionada.



Figura 45. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO

Fuente: Recuperado de <https://i.ytimg.com/vi/LwOQJY9xzSc/maxresdefault.jpg>

Una vez seleccionada la frecuencia deseada se verifica que exista Video y se acepta y se podrá visualizar en el equipo DIVEEMO.



Figura 46. RECEPTOR DRM CON APP DIVEEMO

Fuente: Recuperado de <https://i.ytimg.com/vi/LwOQJY9xzSc/maxresdefault.jpg>

CAPÍTULO 3

3.1 PROPUESTA DE DIGITALIZACIÓN DE LA RADIO UNIVERSITARIA APLICANDO EL ESTÁNDAR DRM.

En este capítulo se presenta parámetros de ubicación geográfica y variables de cálculo que serán tomados en cuenta para la simulación de cobertura para la digitalización de la radio realizada para la estación universitaria mediante el software ICS TELECOM.

3.1.1 INTRODUCCIÓN

Para iniciar la propuesta se debe tener varios parámetros los cuales servirán de guía para el desarrollo de la cobertura teórica usando DRM+ como sistema de digitalización.

La estación que brindará la cobertura para la radio universitaria se situara en el Cerro Cotacachi, los parámetros de ubicación y altura se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 11. Datos de Ubicación Cerro Cotacachi UTV

Ubicación	Latitud	Longitud	Altura
Cerro Cotacachi	00°19'49,4"N	78°20'17,8" O	3966 m

Fuente: ARCOTEL – Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones

Forma gráfica de la ubicación de la estación terrena que se encuentra en el Cerro Cotacachi mediante las coordenadas aportadas por ARCOTEL.

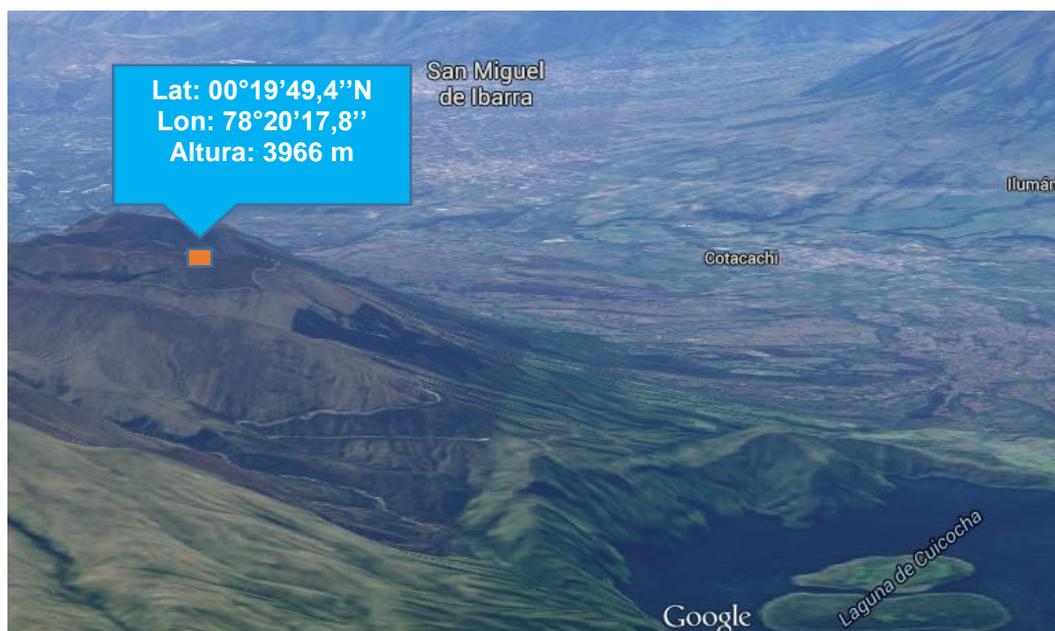


Figura 47. Ubicación Geográfica de la Estación Terrena UTN

Fuente: Mapas de Google - Autor

Como se puede observar en la siguiente tabla, ARCOTEL ha facilitado varios parámetros como potencia, pérdidas, altura de la torre y demás valores.

Tabla 12. Parámetros Radioenlace UTV

Parámetros	Valor
Potencia de Salida	410 W
Perdidas Cable	1,5
Ancho de Banda	200 KHz
Estación FM	Normal
Forma Recepción Señal	Radioeléctrico
P.E.R	1000
Altura Torre	30 m
Tipo Antenas	Arreglo 4 Radiadores con pantalla reflectora

Fuente: ARCOTEL – Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones

En la figura se observa la torre con una altura de 30 metros situada a 3966 metros de altura sobre el cerro Cotacachi, se aprecian las antenas que sirven para el radioenlace y para la difusión de la señal radial.



Figura 48. Torre de la estación universitaria en el cerro Cotacachi

Fuente: Radio Universitaria

También se tiene los parámetros de ubicación de la Radio Emisora Universitaria en la siguiente tabla.

Tabla 13. Datos de Ubicación Estación UTV

Ubicación	Latitud	Longitud	Altura
Estación UTN	00° 21' 28.68"N	78° 06' 38.81" O	2206.10 m

Fuente: ARCOTEL – Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones

La imagen de la ubicación de la Estación de Radiodifusión que se encuentra en la Universidad Técnica del Norte mediante las coordenadas situadas en GOOGLE MAPS.

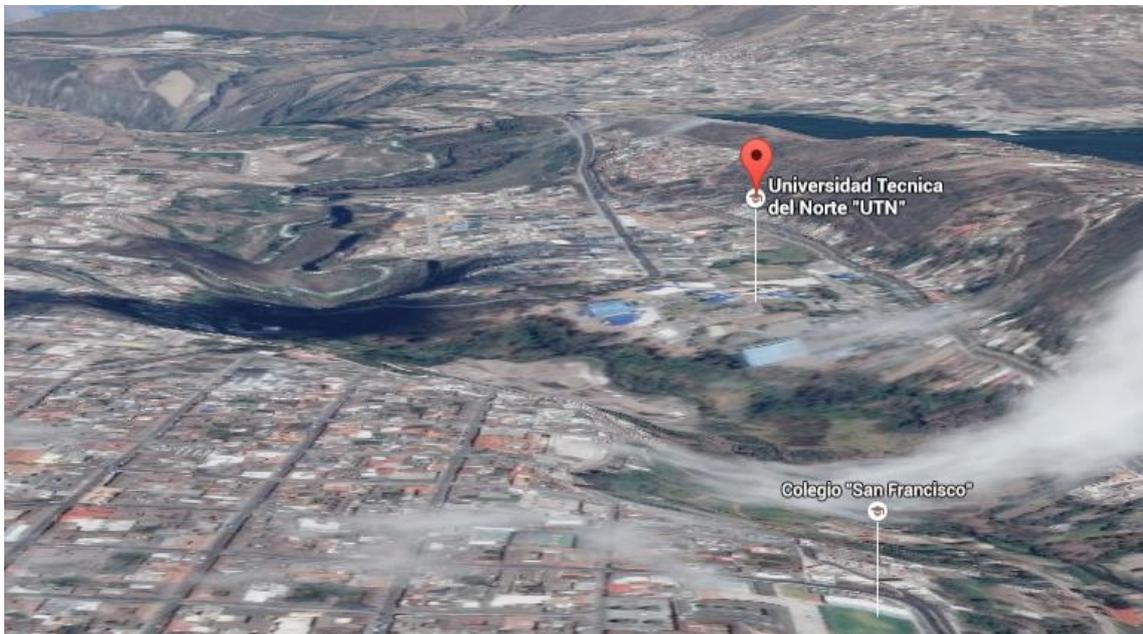


Figura 49. Estación de Radiodifusión en la Universidad Técnica del Norte

Fuente: Autor – GOOGLE MAPS

3.2 DISEÑO ACTUAL DE LA RADIO DEL CANAL UNIVERSITARIO

El esquema de funcionamiento se lo muestra en base a bloques, y cada bloque describe las herramientas o equipamiento usado desde su fuente hasta su destino. Se debe considerar que las etapas del esquema son:

- Sistema de Emisión
- Sistema de Transmisión
- Dispositivo de Recepción

3.2.1 SISTEMA DE EMISIÓN

En la siguiente figura se muestra la primera parte de este diagrama, este tiene que ver con la fuente o estación de grabación y a este se lo denomina sistema de emisión.

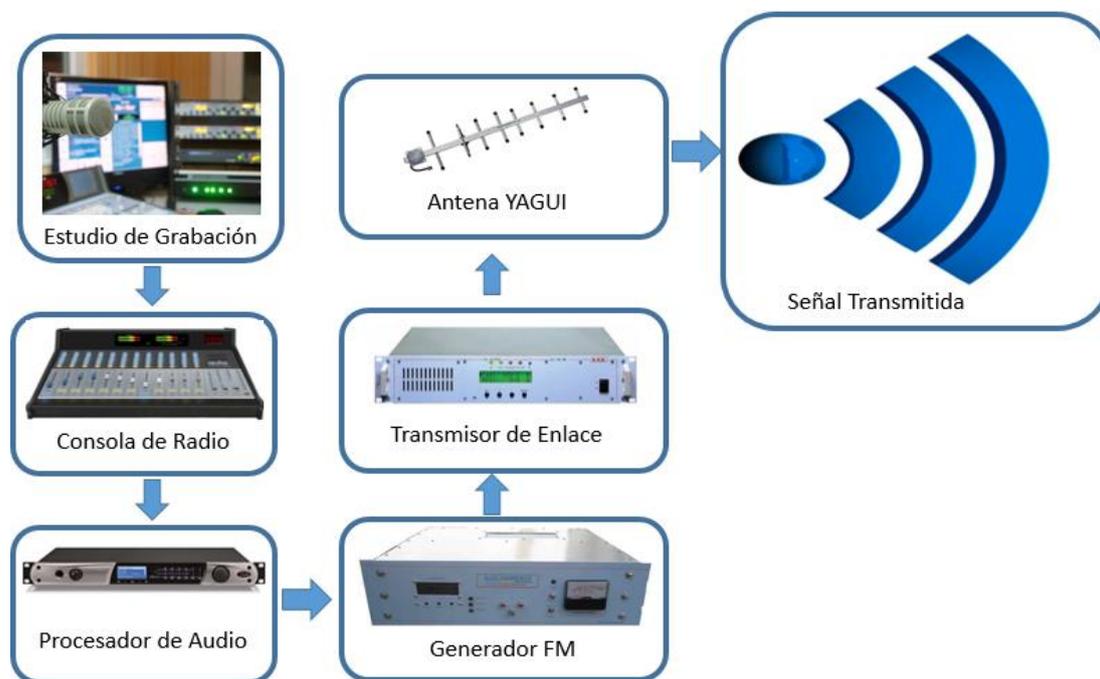


Figura 50. Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Emisión

Fuente: Radio Universitaria - Autor

En los estudios de grabación se realizan tareas como reproducciones de audio grabadas, entrevistas o programación al aire, también se tiene la opción de llamadas al aire y demás, estas son consideradas como fuentes ya que ingresan a la estación.

Después, se tiene la consola de audio, se encuentran en las cabinas master o salas de controles de las emisoras, su principal tarea es mezclar todas las señales que saldrán al aire, otros usos son para crear comerciales, campañas, radionovelas y cualquier otro programa. Además, dentro de las cabinas master existe una PC con un software con el que se maneja un reproductor de programación automático en caso de no haber programación en ese momento.

El procesador de Audio se ubica entre la salida de programa de la consola de audio y el generador de frecuencia FM. La función inicial del procesador de audio es mantener los picos de modulación del transmisor dentro de los parámetros legales, esto se lo hace para que se mantengan el promedio de la señal muy cerca del valor de pico, con lo que se logra que la emisora “suene más fuerte”, manteniéndose dentro de los valores demodulación permitidos. Estos procesadores además, incluyen funciones de ecualización, refuerzo de graves y de sensación estéreo, que permiten dar a la emisora un sonido particular y reconocible.

Los generadores de frecuencia pueden generar una forma de onda de salida de FM directa que sea relativamente estable exacta y directamente proporcional a la señal modulante de entrada.

En la siguiente figura se muestran los equipos que intervienen en la radiodifusión para el canal universitario. Estos equipos recogen las señales enviadas de estudio, las modulan y mediante un transmisor las envían al cerro Cotacachi.



Figura 51: Equipo Internos Radio universitaria

Fuente: Radio Universitaria

Una vez que la señal esta lista, el transmisor de enlace es el encargado de enviar la señal fuente a través de las antenas YAGUI desde el canal universitario hasta la estación base situada en el Cerro Cotacachi.

3.2.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El sistema de transmisión se ubica lejos de la emisora, está en el Cerro Cotacachi, además se sitúa a una altura sobre el nivel del mar de 3966 m.

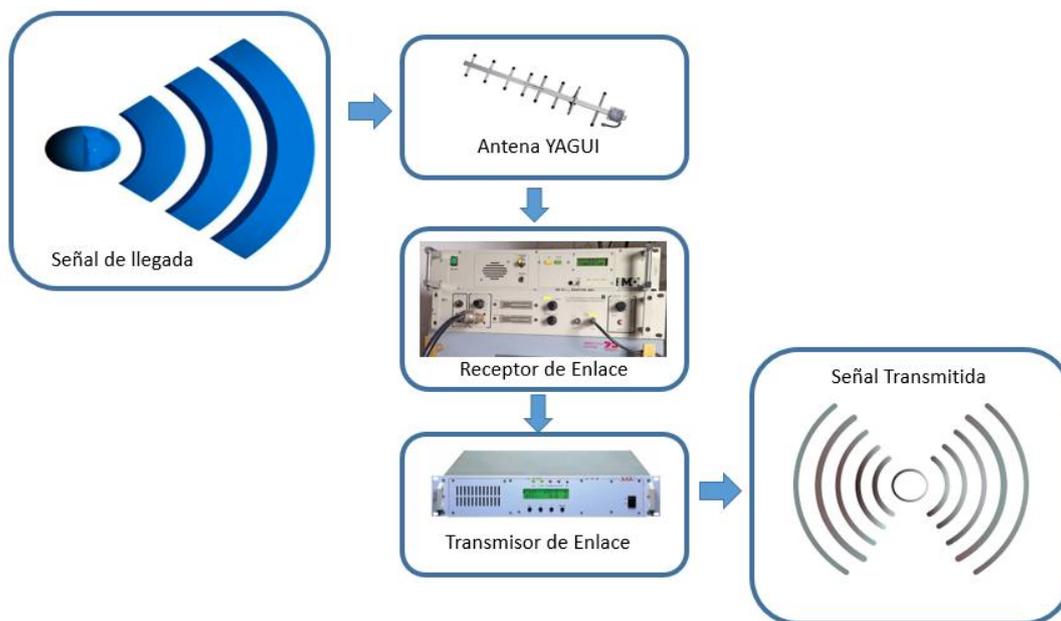


Figura 52: Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Transmisión

Fuente: Radio Universitaria

En el esquema mostrado anteriormente se observa que, una vez que la señal fue transmitida desde los estudios del canal universitario, llega hasta la antena de la estación en el Cerro Cotacachi y este sistema se encarga de amplificar la señal original y enviarla a través de un sistema de 4 radiadores con pantalla reflectora a cada dispositivo receptor en cada hogar siempre y cuando exista la cobertura de la estación.

En la siguiente figura se muestra el receptor de radioenlace que está situado en el Cerro Cotacachi, este receptor trabaja en las bandas de 300 a 330 MHz. La Visualización de potencia se hace mediante un visor externo Analógico. El nivel de modulación, se visualiza por medio de Led luminosos.

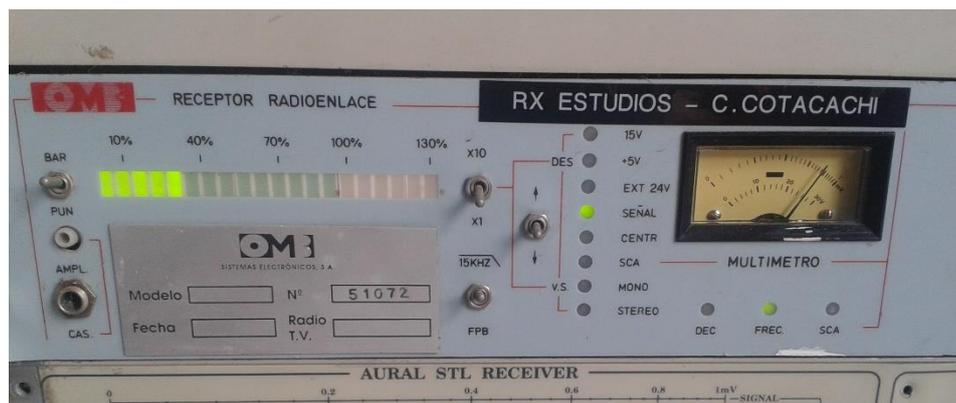


Figura 53: Equipo de Radioenlace – Estación Cerro Cotacachi

Fuente: Radio Universitaria

Dispone de entradas mono balanceadas, estéreo (MPX) y 2 SCA.

El receptor es sintetizado y se programa de la misma forma que el transmisor.

Dispone de salida (MPX) y 3 SCA.

En la siguiente figura se muestra el nivel de potencia necesaria que tiene el transmisor del radioenlace.

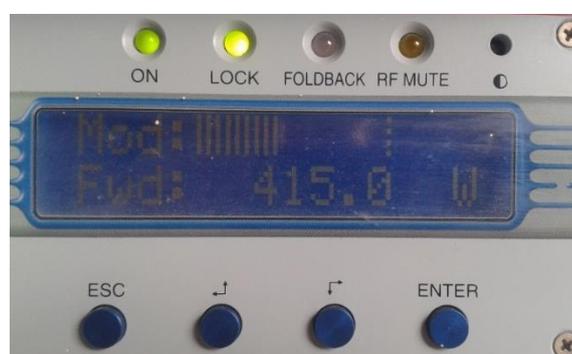


Figura 54: Equipo de Radioenlace – Estación Cerro Cotacachi

Fuente: Radio Universitaria

3.2.3 DISPOSITIVO DE RECEPCIÓN

Los sistemas de recepción son simplemente los dispositivos que nos ayudan a captar y reproducir las señales enviadas por las estaciones de radio.

Viéndolo de esta forma, así como desde el estudio de grabación del canal universitario la señal el micrófono convierte en electricidad el sonido, los parlantes de los radios que se tienen en cada hogar hacen el proceso opuesto.



Figura 55: Dispositivo de Recepción – Hogar

Fuente: Recuperado de <https://i.ytimg.com/vi/LwOQJY9xzSc/maxresdefault.jpg>

Los sistemas de radiodifusión sonora cumplen con estos requisitos y procesos para realizar las transmisiones desde sus estaciones radiales hacia todos los hogares.

3.2.4 Características de Enlace

La antena transmisora debe contar con la suficiente potencia para que la señal sea captada en el destino, emite señales con un ancho de banda muy reducido, las antenas receptoras en cambio cuentan con un ancho de banda más amplio ya que reciben señales de varias frecuencias, así que las señales enviadas deben ser amplificadas posteriormente. Entre algunas de las características de las antenas se pueden mencionar:

- Ancho de banda.- Es el rango de frecuencias en las que opera la antena.
- Ganancia de una antena. Indica la capacidad de emisión de una antena. La cual se obtiene comparando la potencia emitida en la dirección preferente con la potencia media emitida en todas las direcciones. Si la antena es isotrópica su ganancia es la unidad.
- Eficiencia de una antena.- Es la relación entre la potencia emitida por la antena y la potencia captada por la antena receptora, este parámetro nos permite conocer las pérdidas que se producen en el proceso de transmisión.
- Longitud de antena.-Depende fundamentalmente de la frecuencia de la señal a emitir o recibir. Estas dimensiones deben ser al menos del orden de una décima parte de la longitud de onda de la señal.
- Cable para enlace de microonda.- Para interconectar la unidad de procesamiento con la unidad de radiofrecuencia se requiere un cable externo y otro interno RG8

ARCOTEL facilitó ciertos parámetros que involucran el uso de las antenas de transmisión ángulos de elevación e inclinación y patrón de radiación.

Tabla 14. Parámetros adicionales de Montaje de antenas

Parámetros	Valor
Número de Antenas	4
Azimut	75
Inclinación	-5
Ganancia	5,37
Patrón de Radiación	Directivo
Polarización	Circular

Fuente: ARCOTEL – Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones

En la estación del cerro Cotacachi se tienen los siguientes equipos que conforman la radio universitaria.

Una antena para captar la señal de radio enlace.



Figura 56: Antena YAGI de Transmisión enlace STL

Fuente: Radio Universitaria



Figura 57: Equipo Radioenlace

Fuente: Radio Universitaria

Estos equipos reciben la señal, la de-modulan, la amplifican y la envían mediante un arreglo de antenas hacia toda la ciudad de Ibarra y sus alrededores.

Esta estación brinda cobertura a varias cabeceras de la provincia de Imbabura las cuales son:

- San Miguel de Ibarra

- Otavalo
- Atuntaqui
- Cotacachi
- Urcuqui

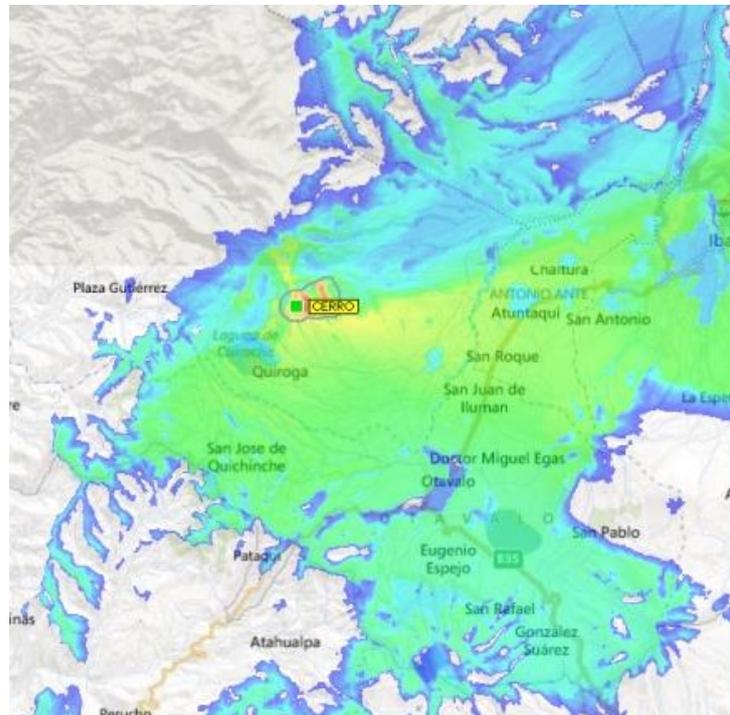


Figura 58. Área de Cobertura

Fuente: ARCOTEL – Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones

El color verde denota una mayor radiación de potencia o una mayor cobertura en las ciudades anteriormente mencionadas, el color azul claro denota una pérdida de potencia o baja atenuación en la cobertura.

Y los borde más azules denotan una pérdida completa de cobertura o nivel de potencia, es decir, son los lugares en los que la señal de la radio universitaria no cubre.

3.3 ANALISIS DE DRM30 Y DRM+ PARA DISEÑO DE COBERTURA

Para determinar el área de cobertura usando DRM se debe conocer algunos parámetros siendo esto los modos de transmisión de DRM y la frecuencia que se pretende digitalizar.

Los modos son:

- DRM30
- DRM+

En la tabla 15 se muestra el modo DRM30, este modo contiene a sus equivalentes denominados modos A, B, C, D, además de un esquema de codificación y modulación (MSC) con las opciones de QAM con su respectivo ancho de banda para cada modo.

Tabla 15. Modos de Transmisión DRM30

Modo	MSC: Opciones QAM	Opciones de ancho de banda (KHz)	Usos Típicos
A	16, 64	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	LF y MF onda de superficie, line de vista en banda de 26 MHz
B	16, 64	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	HF y MF transmisión en onda espacial
C	16, 64	10, 20	Dificultad de onda espacial sobre canales HF
D	16, 64	10, 20	Efecto Doppler Alto y dispersión del retardo

Fuente: <http://www.drm.org/wp-content/uploads/2013/09/DRM-guide-artwork-9-2013-1.pdf>

En la tabla 16 se muestra el modo de Transmisión DRM+, este modo es conocido como Modo E.

Tabla 16. Modos de Transmisión DRM30

Modo	MSC: Opciones QAM	Opciones de ancho de banda (KHz)	Usos Típicos
E	4, 16	100	Transmisiones VHF y en las bandas sobre los 30 MHz

Fuente: <http://www.drm.org/wp-content/uploads/2013/09/DRM-guide-artwork-9-2013-1.pdf>

La radio universitaria trabaja en la frecuencia de 101.1 MHz que está en FM y es una frecuencia que está sobre los 30 MHz, en base a esta frecuencia se realiza el diseño de cobertura de la estación universitaria.

Como se observa, para frecuencias arriba de los 30 MHz se usa DRM+ que tiene como modo transmisión tipo E, no se puede usar simplemente DRM30 ya que este trabaja para frecuencias bajas de 30 MHz.

Una vez contemplados estos datos se procede a realizar una simulación mediante los parámetros antes mencionados a lo largo del capítulo 3.

Como se observó anteriormente en el Modo E se emplea la modulación 4QAM y 16QAM. En 4QAM la cantidad de información que se puede transportar va desde los 37.2 hasta 74.5 kbps y usando 16QAM va desde 99.4 hasta 186.3 kbps.

Si el Ecuador adopta el estándar DRM, las emisoras difundirán su señal de modo híbrida; es decir, esas estaciones combinarán de manera simultánea la transmisión de sus programas en formato analógico con la de programas en formato digital, de

manera que los radioescuchas que tengan aparatos receptores con sintonía analógica podrán escuchar las transmisiones en ese formato con los receptores actuales, mientras que quienes utilicen los receptores digitales escucharán la programación en este formato.

El excitador DRM alimenta a cualquiera de los transmisores de amplificación lineal o cualquier transmisor de radiodifusión AM. Puede manejar múltiples programas de audio encapsulados en un sistema DRM / DI formato MDI, entrada analógica de audio analógico de radiodifusión AM, o se puede combinar con una entrada de DRM / DI MDI para la difusión simultánea. Además, proporciona una señal de radiofrecuencia no modulada a través de un sintetizador digital interno que cubre toda la gama de frecuencias de AM.

3.4 DISEÑO DE LA RADIO CON EQUIPAMIENTO DRM EN ESTACIÓN DE RADIO UNIVERSITARIA

En esta etapa se detallaran algunos de los equipos que pueden ser reemplazados durante el proceso de migración de tecnología analógica a digital.

3.4.1 ESQUEMA DEL SISTEMA DE EMISOR CON DRM

Para el esquema de funcionamiento de la estación utilizando el estándar DRM se considera variaciones en los equipos.

Dentro del estudio de grabación se mantendría el equipamiento en cuanto a micrófonos y demás accesorios.

Para lo que tiene que ver con las consolas de audio, actualmente se tiene una consola híbrida analógica-digital. Esta consola por el momento trabaja bajo el modelo analógico, para la transición analógico digital no se requiere una consola adicional ya que esta cuenta con entradas y salidas digitales para utilizarla en el proceso de digitalización.

El procesador de audio tiene la finalidad de adaptar la señal analógica y hacerla digital si se la requiere, este es útil para el almacenamiento de la información los audios necesarios y que estén disponibles cuando sea necesario, este equipo al igual que el generador FM y el transmisor pueden ser reemplazados fácilmente por un servidor de contenidos DRM, además de un equipo que module la señal y un transmisor de señal digital.

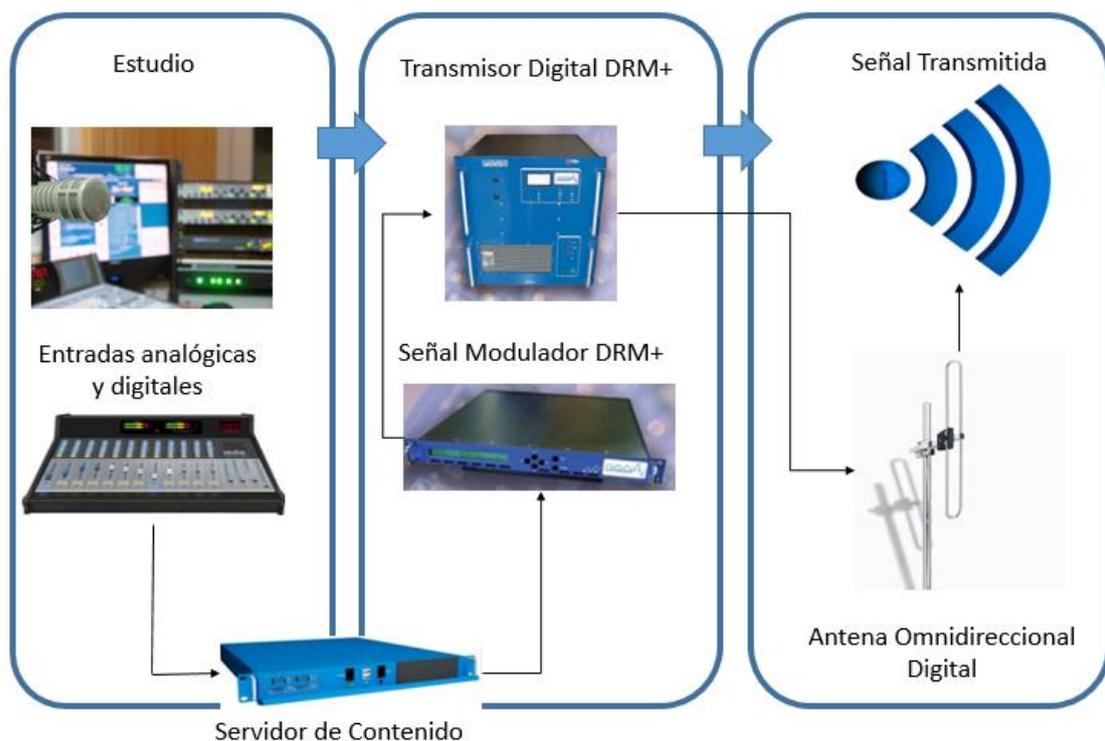


Figura 59. Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Emisión con DRM

Fuente: Autor – Consorcio DRM

Como se observa en la figura anterior, una vez que se llega al transmisor se necesita de una antena para enviar la señal, anteriormente se tenía una antena YAGUI pero para el proceso de envío digital se necesita de una antena digital.

3.4.2 ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN CON DRM

Para el esquema del sistema de transmisión se reemplazan algunos de los elementos con uno solo, para la transmisión en FM se tiene un equipo de recepción del enlace y un equipo transmisor, ahora para la digitalización se presentaría un solo equipo que consta de un receptor-transmisor, esto se lo muestra en la siguiente figura.



Figura 60. Esquema de Funcionamiento Canal Universitario – Sistema de Transmisión con DRM

Fuente: Autor – Consorcio DRM

3.5 DISEÑO DE COBERTURA RADIO MOBILE

Para comparar los programas ICS TELECOM y RADIO MOBILE se procede a realizar pruebas de simulación de cobertura con cada uno con lo cual se empezó con RADIO MOBILE, a continuación se presenta una tabla con los datos necesario para realizar la simulación.

Tabla 17. Parámetros Estación Radio UTV

Parámetros	Valor
Latitud	0.357965 °
Longitud	-78.110781 °
Elevación del terreno	2206.1 m
Altura de la antena	20.0 m

Fuente: Autor – Radio Mobile

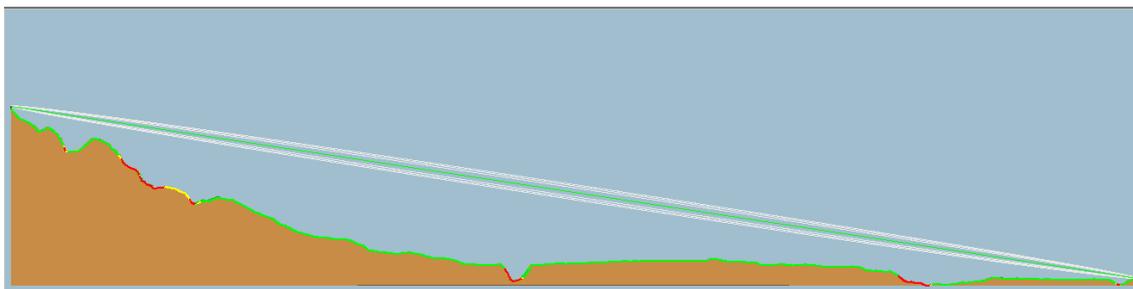


Figura 61. Enlace topográfico de la radio UTN

Fuente: Radio Universitaria

Se realiza pruebas de enlace en el software RADIO MOBILE con el siguiente resultado mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 18. Resultados de Pruebas de enlace Cerro Cotacachi - UTV

Parámetros	Valor
Distancia	25.474 km
Precisión	12.7 m
Frecuencia	920.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente	707.594 W
Ganancia del sistema	173.02 dB
Fiabilidad requerida	70.000 %
Señal recibida	-60.66 dBm
Señal recibida	207.41 μ V
Margen de escucha	52.36 dB

Fuente: Autor – Radio Mobile

En la siguiente figura se aprecia de mejor manera el enlace que se consiguió con el software RADIO MOBILE desde la Estación de Radio UTN hasta el Cerro Cotacachi.

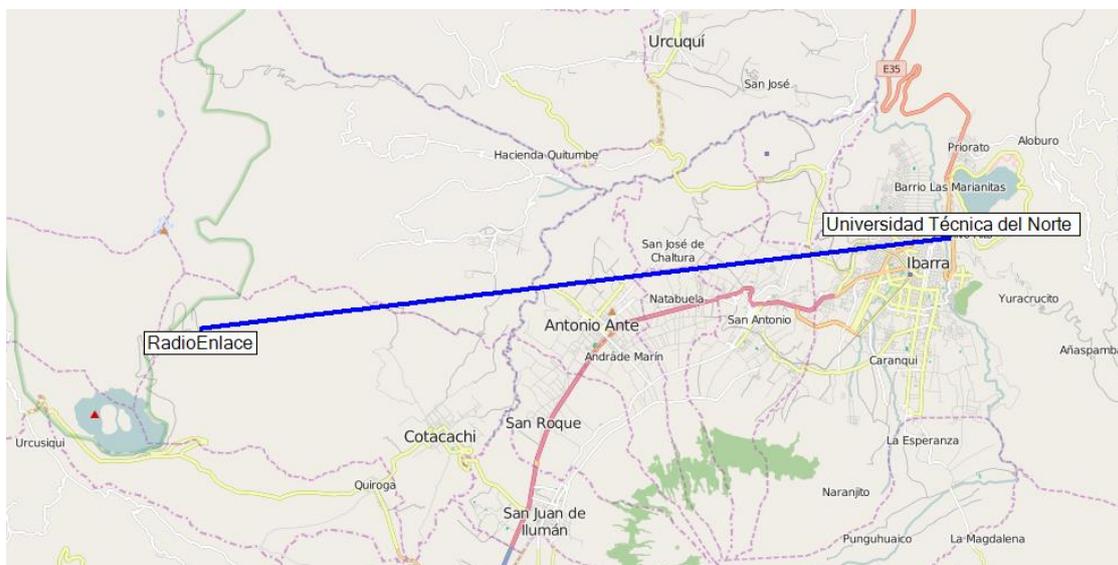


Figura 62. Enlace Vista desde GOOGLE MAPS

Fuente: Autor – Radio Mobile

3.6 DISEÑO DE COBERTURA ICS TELECOM

El diseño de cobertura se basa en el uso del software ICS TELECOM, en base a las características antes descritas, se realiza una simulación de cobertura para comprobar teóricamente el cambio en base a la potencia suministrada en la transición FM a DRM+.

3.6.1 DESCRIPCIÓN DE USO

Al iniciar ICS TELECOM lo que usualmente se necesita para desarrollar un proyecto es lo siguiente:

- DTM: Modelo Digital Terreno
- Imagen del Mapa
- PAL: Paleta de Colores
- Capa Vector

3.6.1.1 DTM: Modelo Digital Terreno

Es una representación de la superficie de suelo sin ningún objeto es decir sin vegetación o edificios, etc.

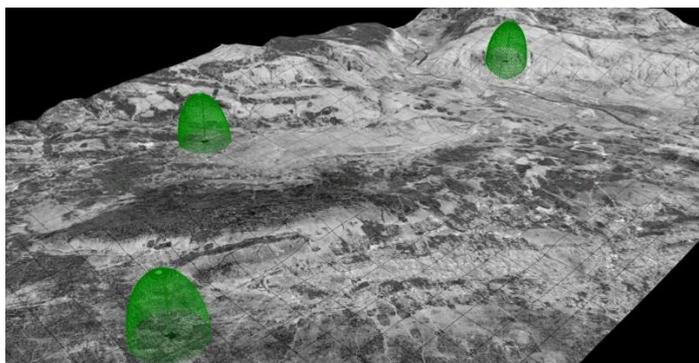


Figura 63: Representación de un Modelo Digital Terreno

Fuente: Extraído de <http://www.atdi.es/ics-designer/>

3.6.1.2 Imagen del Mapa

En la siguiente imagen se representa el mapa físico del Ecuador, este sirve para la ubicación de un lugar en donde se realizará la predicción de cobertura.

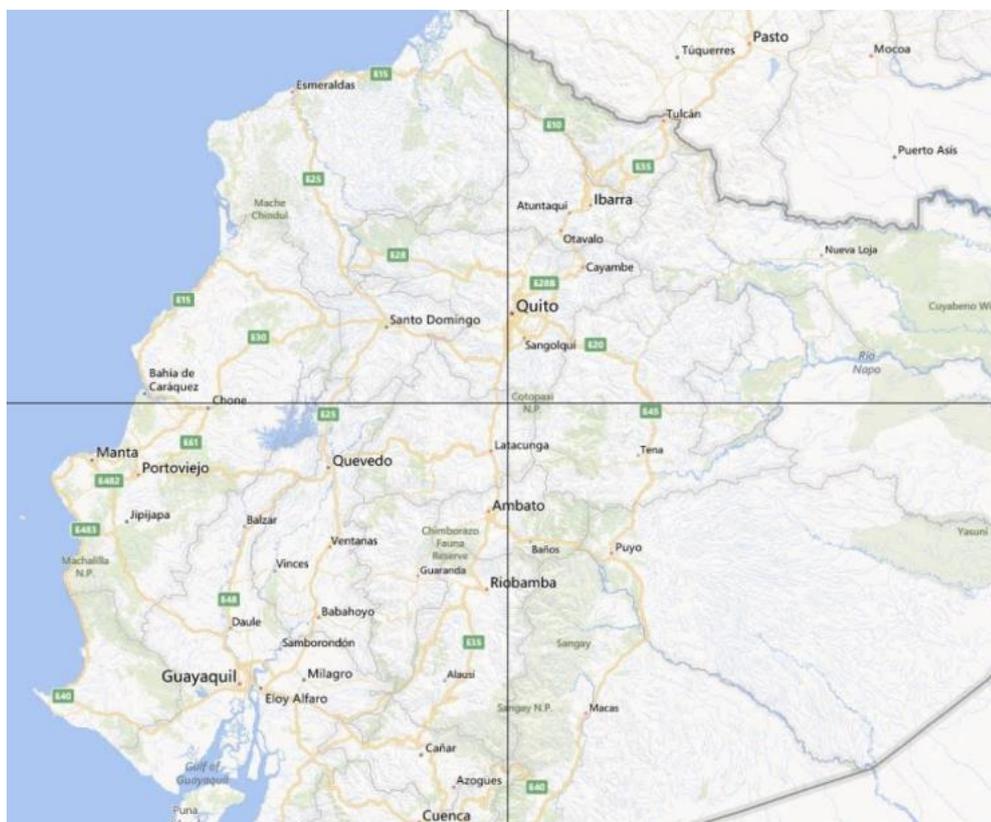


Figura 64: Imagen del Mapa Físico ICS TELECOM

Fuente: ARCOTEL–Autor

3.6.1.3 PAL: Paleta de Colores

La paleta de colores sirve para visualizar de mejor forma la imagen, viene con extensión .PAL.

3.6.1.4 SOL: Capa CLUTTER

Esta capa contiene la información de la ocupación del suelo y viene con extensión .SOL.

Ahora para añadir cada uno de los componentes se crea un nuevo proyecto y en la ventana encerrada de color rojo es en donde se ingresan estos archivos los cuales se describieron anteriormente.

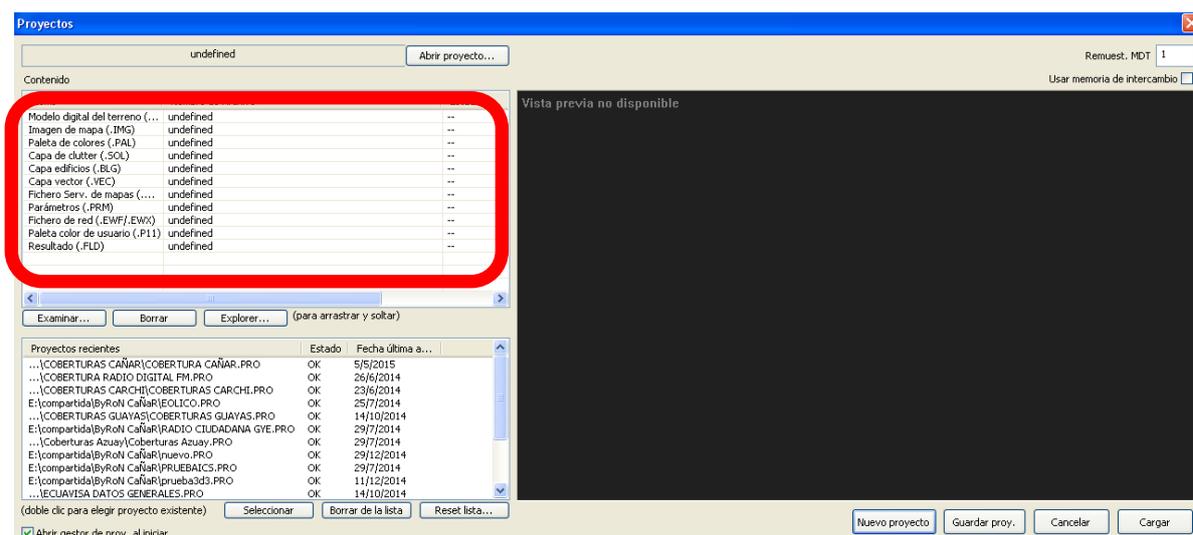


Figura 65: ICS TELECOM carga de mapas para simulación de cobertura

Fuente: ARCOTEL –Autor

ICS TELECOM trabajo bajo un modelo de capas, estas capas son las anteriormente mencionadas, después se realiza la búsqueda del lugar en donde va a estar el transmisor/receptor y por último se configuran parámetros y se realiza la simulación.

3.6.2 PROCEDIMIENTO PARA SIMULACIÓN DE COBERTURA

Anteriormente se mostró como añadir los componentes de uso para que ICS TELECOM trabaje, cada uno de estos componentes trabajan de forma dependiente, esto quiere decir que si alguno falla no se puede tener una muestra fiable de predicción de cobertura requerido.

A continuación y una vez añadidos los mapas se tiene los siguientes pasos:

Paso 1. En la ventana se carga el mapa físico del Ecuador que es el punto de partida para realizar el proyecto de predicción de cobertura.

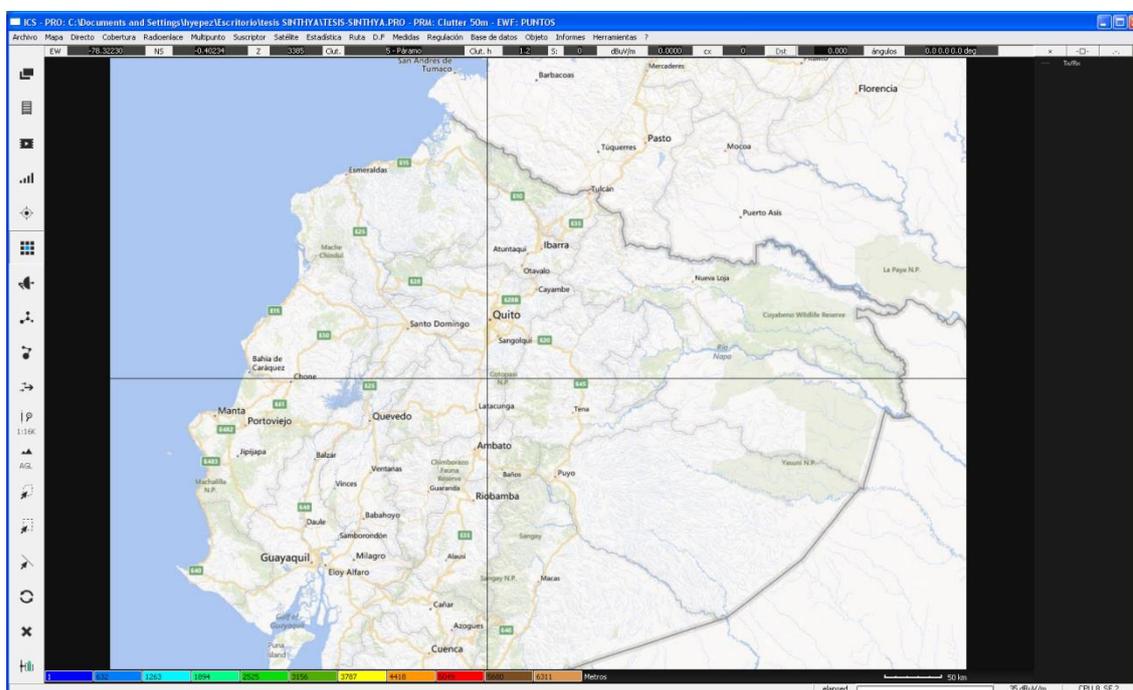


Figura 66: Mapa físico del ecuador ICS TELECOM

Fuente: ARCOTEL –Autor

Paso 2. Se procede a crear la estación TX/RX para la transmisión con el estándar DRM, para lo cual, se añaden las coordenadas que se muestran a continuación.

- Latitud: 00°19'49,4"N
- Longitud: 78°20'17,8"

En la siguiente figura se muestra el ingreso de estos parámetros en la pestaña emplazamiento, que se refiere a la ubicación en latitud y longitud de la estación TX/RX, además se calculará automáticamente la altura en la que está la estación.

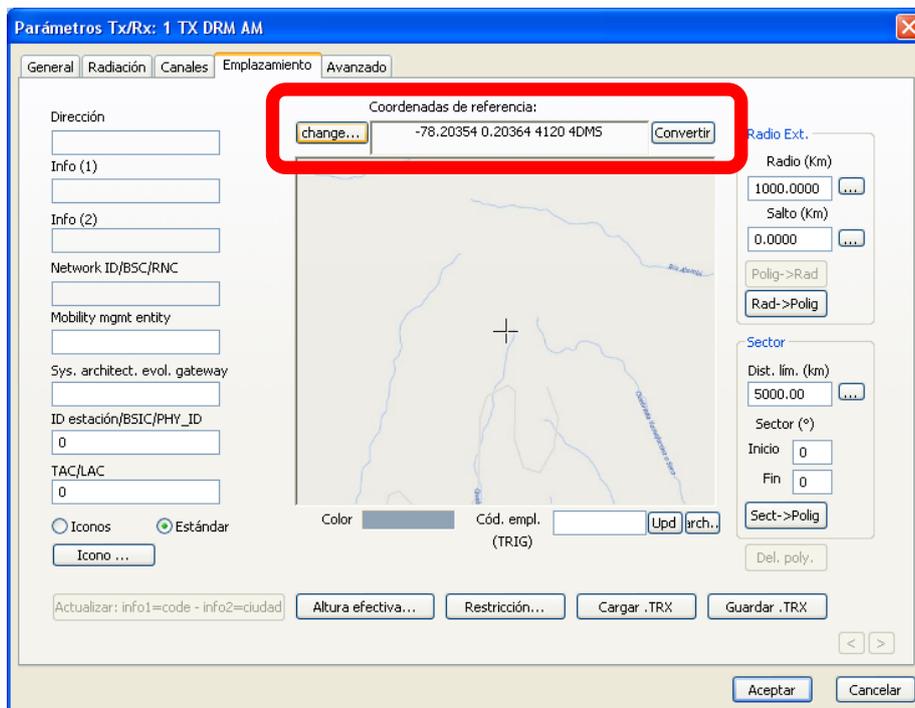


Figura 67: Ubicación geográfica de la estación TX/RX

Fuente: ARCOTEL - Autor

En la pestaña emplazamiento de la figura anterior se muestran los valores añadidos en latitud y longitud, y como se menciona anteriormente el software realiza el cálculo de la altura a la que se encuentra la estación terrena que está alrededor de 3959m.

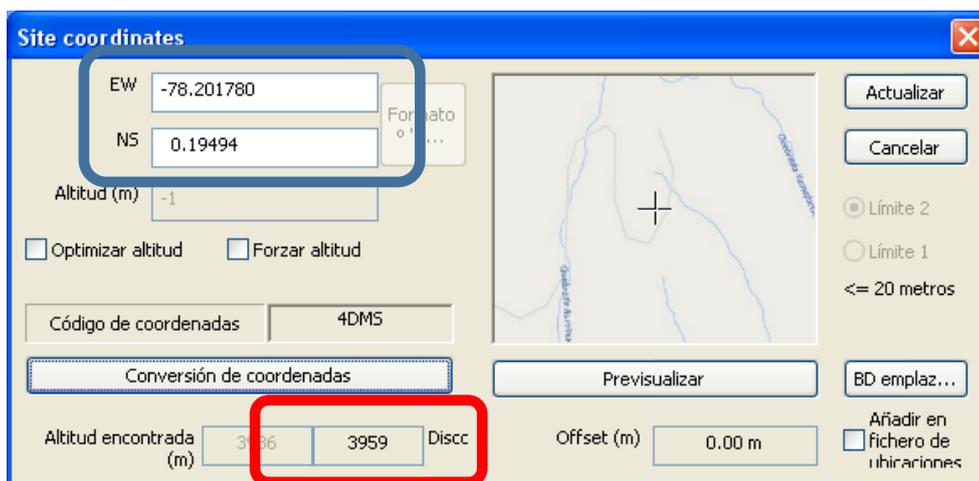


Figura 68: Cambio de parámetros

Fuente: ARCOTEL – Autor

Paso 3. Una vez que se añaden los parámetros de ubicación se presiona aceptar y se muestra exactamente la latitud y longitud señalada en el mapa digital.



Figura 69: Añadiendo TX/RX para diseño de cobertura en ICS TELECOM

Fuente: ARCOTEL – Autor

3.6.3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para realizar las pruebas de cobertura y los resultados se necesita una comparación del sistema con FM vs DRM+. De esta manera se realizó primeramente una prueba con FM añadiendo los mismos parámetros con los cuales trabaja actualmente.

Los datos añadidos como latitud y longitud fueron proporcionados tanto por ARCOTEL como por el departamento de Radio y Televisión de la Universidad Técnica del Norte.

Además unos de los principales parámetros es la potencia, en la estación universitaria se utiliza una potencia de 410W como muestra la figura siguiente.

The screenshot shows a software interface for configuring transmission parameters. The window title is 'Parámetros Tx/Rx: 1 TX DRM AM'. It has several tabs: 'General', 'Radiación', 'Canales', 'Emplazamiento', and 'Avanzado'. The 'General' tab is active. At the top, there are dropdown menus for 'Tipo' (Tx/Rx A (0)), 'Señal' (FM estéreo (1)), 'Estado' (Unknown (0)), and 'Plan de frec.' (No 1). Below these are buttons for 'Activada' and 'No 1'. The main area is divided into sections: 'Potencia' (with 'Pot. nominal (W)' set to 410, highlighted in red), 'Dinamico (dB)' (0), 'G. ant. Tx (dBi)' (5.37), 'G. ant. Rx (dBi)' (0.00), 'Pérd. (dB)' (Tx: 1.50, Rx: 0.00), 'Pérd. adic. Tx (dB)' (0.00), 'p.i.r.e.(W)' (999.5024), 'Frecuencia (MHz)' (101.10000), 'Altura de ant. (m)' (30.00), 'AB Tx (kHz)' (200.00), and 'AB Rx (kHz)' (200.00). There is also a 'Cobertura' section with a dropdown set to 'none' and buttons for 'Borrar' and 'info'. Below that are radio buttons for 'Potencia variable', 'Potencia fija', 'Frecuencia fija', 'Salto de frec./band.', 'Elevación variable', and 'Elevación fija'. An 'Info.' section contains fields for 'Callsign' (CERRO), 'Emparejado' (0), 'Dirección', 'Fecha' (20150608), 'Info (1)', 'Type ID' (C), 'Info (2)', 'Enlace', 'ID de Red', 'Grupo', 'Usuario', and 'Nº de llamada' (0). At the bottom, there is a 'Comentaric' text area, 'SQL record 0', and 'Ctrl+Enter: cambiar línea'. Buttons for 'Aceptar' and 'Cancelar' are at the bottom right.

Figura 70: Prueba de Parámetros actuales para FM

Fuente: ARCOTEL – Autor

Los datos de la figura anterior detallan los parámetros de ingreso para el sistema FM y se muestran a continuación, estos datos son proporcionados por ARCOTEL (2015):

- En el campo tipo se escoge TX/RX ya que es para difusión.
- En señal se escoge FM estéreo para prueba y comparación.
- En potencia Nominal se ingresa el valor de 410 W ya que es la potencia de emisión en el sistema.
- En el campo Ganancia de antena se añade 5,37 dB.
- En frecuencia se añade la frecuencia de la emisora que es 101.1 MHz
- En ancho de banda para TX se ingresa el valor de 200KHz que es el valor por defecto.
- En altura de la antena se ingresa 30 metros.

Mediante datos de ARCOTEL (2015) la polarización de la antena del transmisor es circular y los parámetros como AZIMUTH es 75° y ELEVACIÓN es -5° con una ganancia de 5.37 dB que son los datos que se ingresan en la siguiente figura.

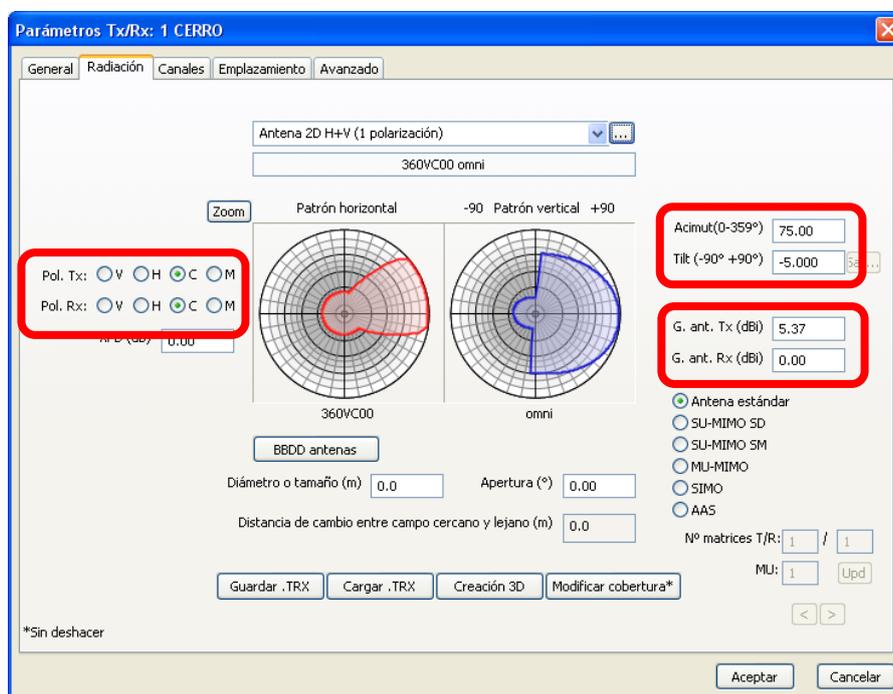


Figura 71: Prueba de Patrón de radiación para FM

Fuente: ARCOTEL – Autor

En la siguiente figura se observa que al hacer clic derecho sobre la estación TX/RX aparece un menú desplegable que da la oportunidad de realizar el cálculo de cobertura para la estación por medio de los parámetros añadidos.

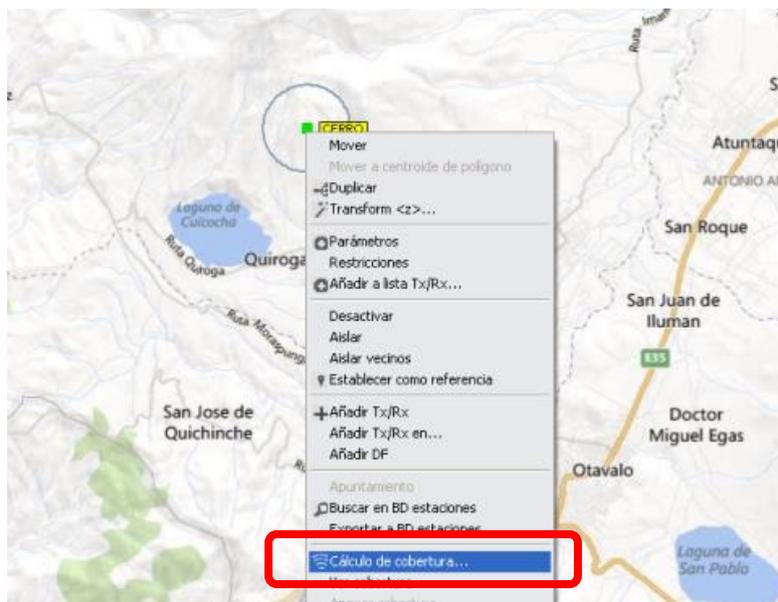


Figura 72: Procedimiento para cálculo de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

Los parámetros para el cálculo de la cobertura se muestran en la siguiente figura. Mediante los datos obtenidos por ARCOTEL (2015) se detalla la altura de las antenas que es de 30 metros y la simulación se la realiza a 50 kilómetros que es el alcance máximo de la estación universitaria.

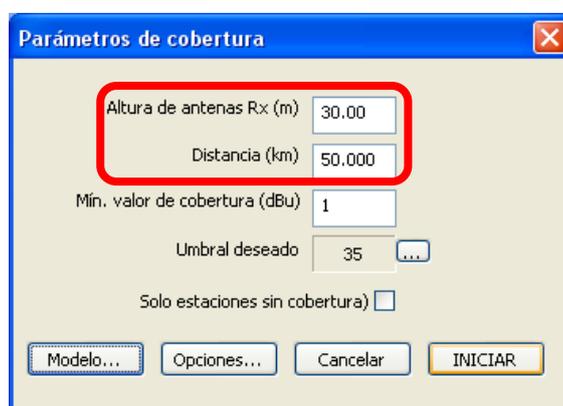


Figura 73: Parámetros de predicción de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

Una vez realizado los cambios y teniendo en cuenta la distancia que se pretende demostrar que tendrá cobertura se procede a INICIAR la predicción de cobertura.

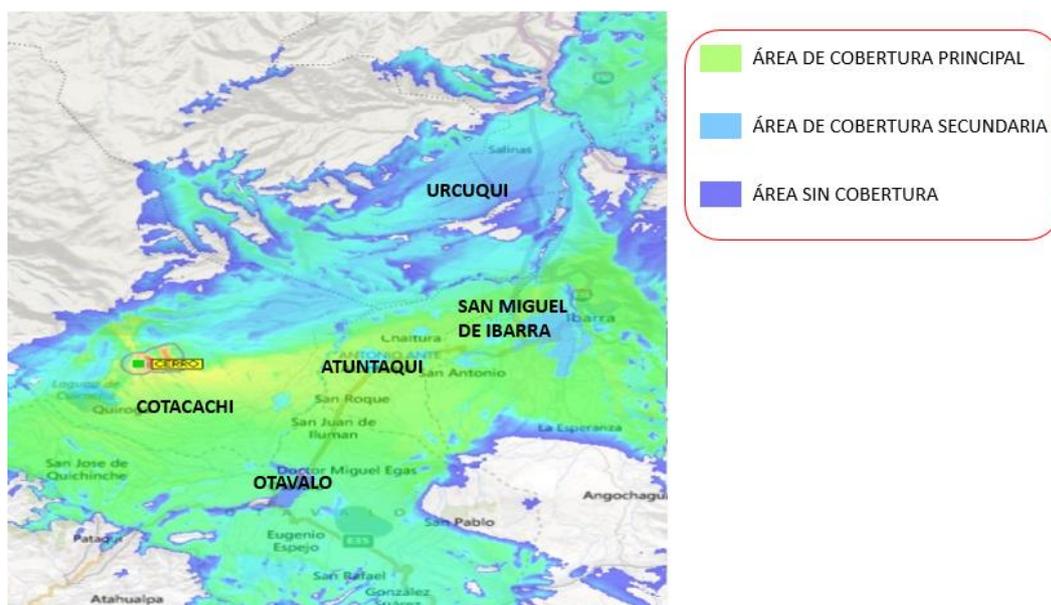


Figura 74: Predicción de cobertura con FM

Fuente: ARCOTEL – Autor

Ahora para observar la variación del uso de FM vs DRM+, los parámetros que se muestran en la figura 70 se los cambia a los del estándar DRM+ para conseguir el diseño de cobertura deseado.

Mediante los datos obtenidos por ARCOTEL y el departamento de Televisión y Radio de la Universidad Técnica del Norte, se realiza el cambio del sistema FM por el estándar DRM+ ya que este según el CONSORCIO DRM (2013) se puede alcanzar la misma cobertura que FM con una menor potencia haciendo que los costos de consumo eléctrico se reduzcan.

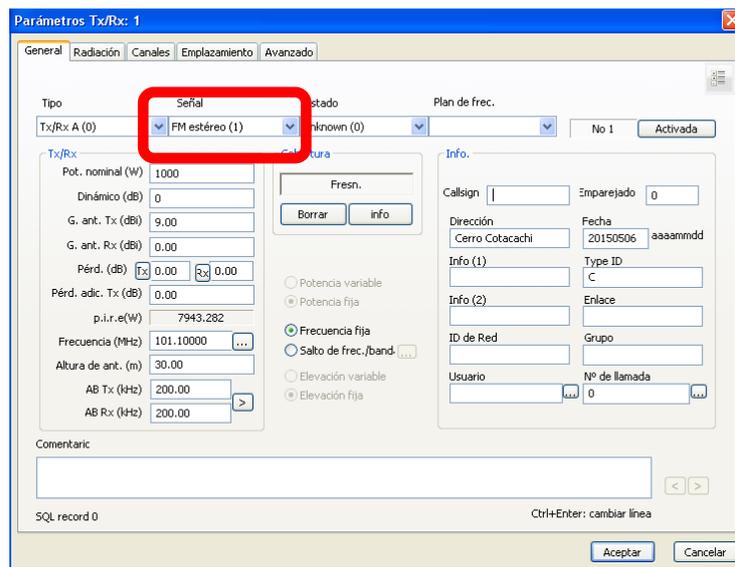


Figura 75: Prueba para el cambio de FM a DRM+

Fuente: ARCOTEL –Autor

Ahora, una vez se sitúa en la pestaña General se procede a modificar el apartado Señal y se escoge DRM como señal de transmisión. Además se cambia la potencia a un valor que represente el 40% según datos obtenidos por el CONSORCIO DRM (2013) que menciona que una transmisión DRM al 40% de su potencia tiene la misma cobertura que una transmisión FM al 100%. Así que el valor de potencia en DRM se considera a 100 W.

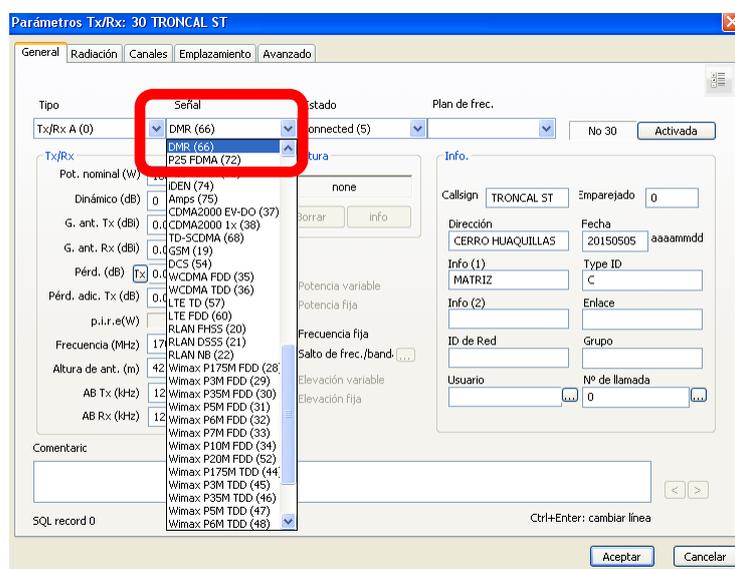


Figura 76: DRM como estándar de transmisión

Fuente: ARCOTEL –Autor

Los datos de la figura anterior detallan los parámetros de ingreso para el sistema DRM y se muestran a continuación, estos datos son proporcionados por ARCOTEL (2015):

- En el campo tipo se escoge TX/RX ya que para DRM también es de difusión.
- En señal se escoge DRM para prueba y comparación.
- En potencia Nominal se ingresa un valor que represente el 40% de la potencia suministrada en FM que es 410 W ya que es la potencia de emisión en el sistema.
- En el campo Ganancia de antena se mantiene el valor que es de 5,37 dB.
- En frecuencia se añade la frecuencia de la emisora que es 101.1 MHz
- En ancho de banda para TX se ingresa el valor de 200KHz que es el valor por defecto.
- En altura de la antena se ingresa 30 metros.

Ahora se debe escoger el tipo de radiación, antenas y polarización. Apegándose a los parámetros inicialmente adquiridos, algunas de las características que posee la estación de radio Universitaria se mantienen para adoptar un modo híbrido.

Al escoger los parámetros de antenas para una emisión, se consideran las recomendaciones UIT – R que sean para antenas de emisiones para radiodifusión en ondas kilométricas. Un ejemplo de estas son las ITU – R BS.401– 6. (ANEXO 3)

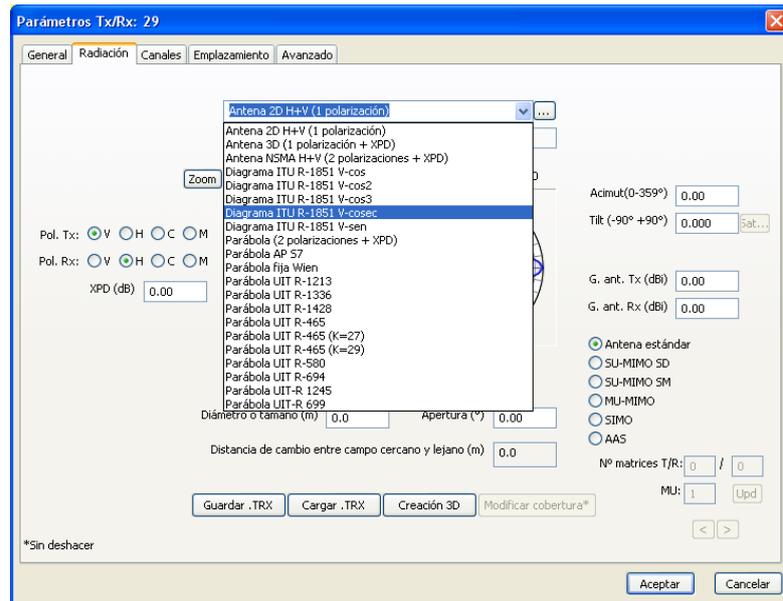


Figura 77: Antena según diagrama ITU R-1851

Fuente: ARCOTEL - Autor

Mediante datos obtenidos por el CONSORCIO DRM (2013) los parámetros que pueden mantenerse para trabajar en modo híbrido, es decir que coexistan las herramientas DRM con la anterior estructura FM son:

- Polarización: Circular
- Antenas: Direccionales
- Radiación: Al ser antenas direccionales su patrón de radiación tendrá la forma que se muestra en la figura 67.

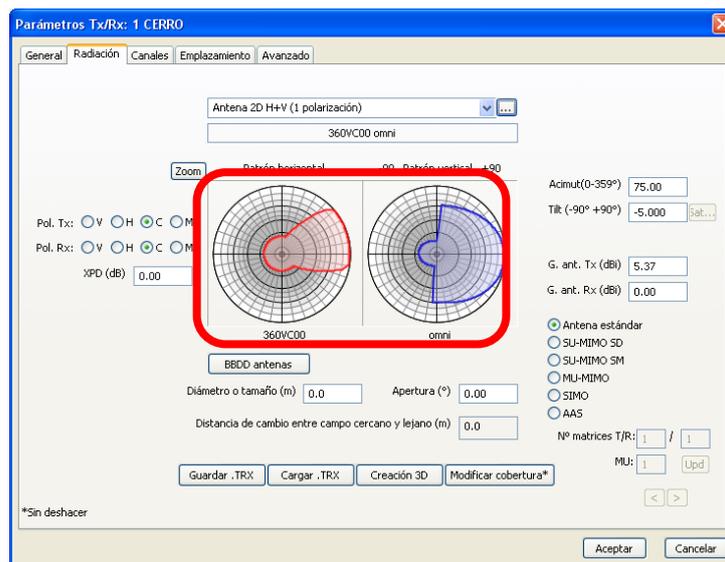


Figura 78: Seleccionamos Polarización de Antena

Figura: ARCOTEL –Autor

Al mantenerse las antenas, la variación de los equipos se dará en el cuarto e comunicaciones que se encuentra en la estación terrena.

Ahora, una vez ingresados todos los parámetros se presiona el botón aceptar y aparecerá un punto en el mapa que significa que la estación ya está lista para el diseño de cobertura.



Figura 79: Ubicación del sistema TX/RX para predicción de cobertura

Fuente: ARCOTEL –Autor

Para simular la cobertura se hace clic derecho sobre la estación TX/RX y se selecciona cálculo de cobertura, después se abre una ventana para añadir parámetros de altura de las antenas y alcance de la transmisión.



Figura 80: Cálculo de cobertura

Fuente: ARCOTEL –Autor

En la ventana que aparece, se debe indicar la altura de las antenas, como se observó en la simulación para FM, la altura es de 30 metros y la distancia en Kilómetros es de 50 Km, después se inicia la simulación.

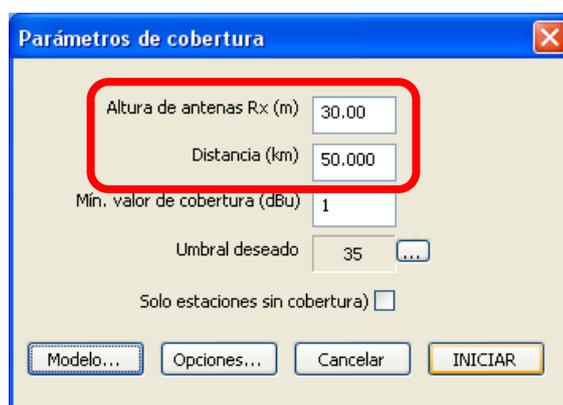


Figura 81: Calculo en distancia y altura para diseño de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

El proceso de simulación de cobertura se inicia, Mediante los datos ingresados el proceso de predicción comienza y el software realiza los cálculos necesarios para mostrar una representación de los sectores en donde se tiene cobertura.

Una vez finalizado la simulación se observa las zonas de cobertura.

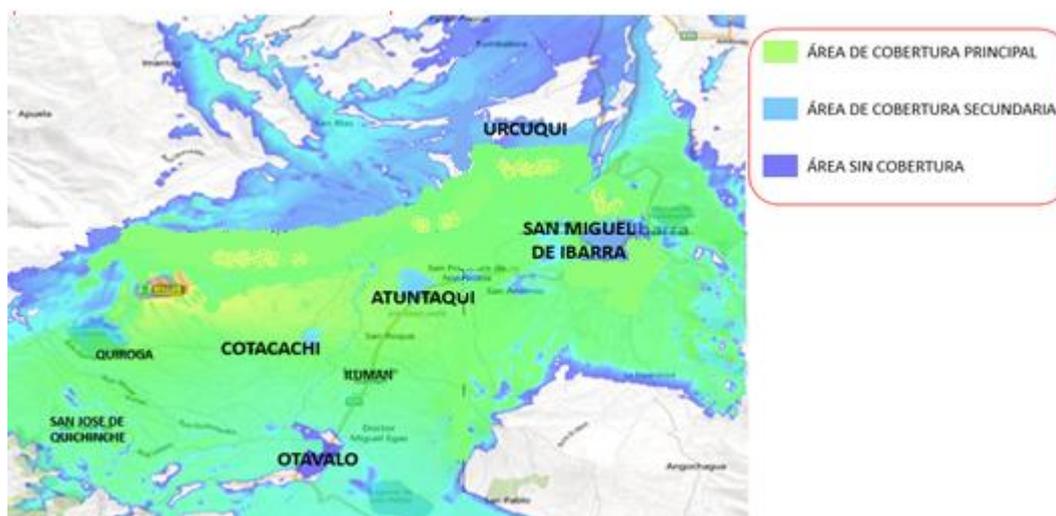


Figura 82: Visión de Cobertura DRM

Fuente: ARCOTEL – Autor

Al comparar las figuras 74 con la figura 82 se tiene una cobertura similar pese a que la potencia emitida en FM (410W) es mayor a la potencia emitida en DRM (100W), esto demuestra que DRM logra un menor consumo de potencia y llega a una cobertura similar a FM.

Las zonas geográficas de cobertura que tiene tanto FM como DRM+ son las mismas, estas son: Atuntaqui, Otavalo, San Miguel de Ibarra, Urcuqui y Cotacachi.

Ahora, existe una ligera variación en la recepción de la señal DRM en el sector de URCUQUI, como se observa en la figura anterior la cobertura en el sector antes mencionado es de color azul claro, es decir el nivel de potencia que llega a este sector está atenuado pero esto no quiere decir que no exista cobertura.

3.6.4 TABLA COMPARATIVA DE PRUEBAS ENTRE DRM+ Y FM

Después de realizar las pruebas de simulación con el software ICS TELECOM se realiza una comparación entre FM y DRM+ mediante el siguiente gráfico.

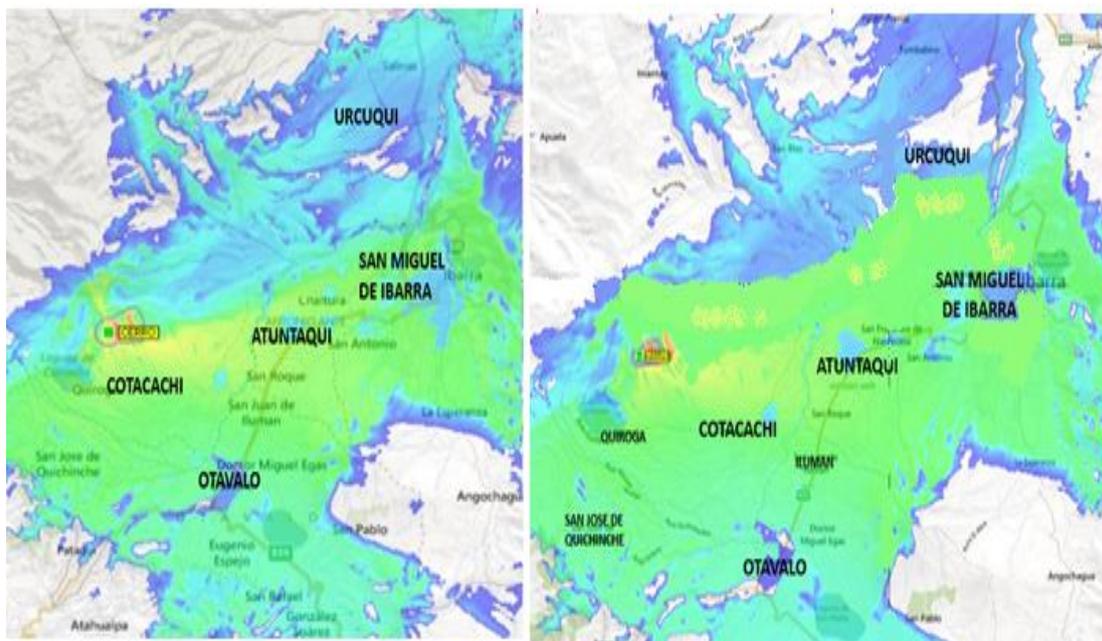


Figura 83: Comparación de áreas de Cobertura (izquierda FM) – (derecha DRM)

Fuente: ARCOTEL – Autor

Como se observa en el gráfico anterior, la proyección de cobertura de FM es menor a la proyección de DRM, en las áreas sombreadas de verde se aprecia de mejor manera como la señal tiene más potencia mientras que la parte azul denota un descenso o falta de cobertura en las localidades de Imbabura.

En base a lo mostrado anteriormente y con ayuda de datos del software ICSTELECOM se tiene la siguiente tabla comparativa con las características o parámetros que tienen relevancia en la zona de cobertura mostrada.

Tabla 19. Tabla comparativa de entre el estándar DRM+ y FM

SISTEMA	FM	DRM+
Frecuencia de Trabajo	101.1 MHz	
Potencia Nominal	410 W	200 W
Potencia Pruebas	410 W	100 W
Software		
Cobertura Teórica	50 km teóricos	50 km teóricos
Cobertura Real	27.75 km	26.50 km
Ancho de banda	200 KHz	100 KHz
Uso del espectro	50% menos	75 % menos
Ganancia	5,37 dB	6.76 dB

Fuente: AUTOR – Pruebas de Cobertura ICS TELECOM

CAPÍTULO 4

4.1 COSTO ESTIMADO DE EQUIPAMIENTO Y BENEFICIOS.

Para la estimación de costos se debe tener claro cuáles son los equipos que se tomaran en cuenta al momento de una posible implementación de radio digital usando el estándar DRM – DIGITAL RADIO MONIDALE.

Para cada uno de estos elementos se considerará un costo referencial ya que la información adquirida varía por temas de importaciones al no contar con estos equipos en el País.

Los componentes necesarios para la implementación de radio digital con DRM+ son los que se muestran en la tabla siguiente, según datos de la página oficial de DIGIDIA (2015):

Tabla 20. Equipos DRM+

Equipos DRM	MARCA
Servidor de Contenido	DIGIDIA
Transmisor	DIGIDIA
Modulador	DIGIDIA, HARRIS
Receptor	DIGIDIA, HARRIS, VARIOS

Fuente: DIGIDIA HARRIS – Autor

En el ANEXO 1 se muestra una descripción de los equipos que se presentan en la tabla anterior.

En la tabla siguiente se muestran los equipos que trabajan de manera híbrida con el sistema digital.

Tabla 21. Equipos Microondas

Enlace Microondas
Radioenlace microondas
Antenas direccionales con ganancia > 4dB

Fuente: DIGIDIA – Autor

En la siguiente tabla se muestran los equipos digitales que pueden trabajar bajo el sistema digital.

Tabla 22. Equipos Complementarios

Equipos complementarios
Consola de audio digital
Micrófonos Digitales
Sistema de Almacenamiento de Información
PC para procesamiento de audio de gran capacidad

Fuente: DIGIDIA – Autor

4.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL

En relación a la tabla 23 cada componente tiene su costo que por razones de cálculo se lo va a realizar con valores aproximados en base a la tesis sobre los costos de migración denominado “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DE REDES DE FRECUENCIA ÚNICA (ISOFRECUENCIA), Y SU APLICACIÓN EN LA RADIOFRECUENCIA EN LAS BANDAS AM Y FM PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE QUITO”.

Tabla 23. Costos Equipos DRM

Equipos DRM	UNIDADES	COSTO
Servidor de Contenido	1	\$ 50,000
Transmisor	1	\$ 90,000
Modulador	1	\$ 75,000
TOTAL COSTOS EQUIPOS		\$ 215,000

Fuente: Autor – Fuentes Varias

Ahora se tiene en cuenta los costos asociados a los equipos que realizan el enlace microondas, estos equipos trabajan de manera híbrida con los sistemas digitales y se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 24. Equipos de enlace microondas

Enlace Microondas	COSTO
Equipos de Radioenlace microondas	\$ 2,500
Antenas direccionales	\$ 5,000
TOTAL COSTOS ENLACE	\$ 7,500

Fuente: Autor – Fuentes Varias

En el tema de migración al estándar DRM se deben considerar ciertos equipos complementarios que pueden ser necesarios al momento de la implementación del sistema en su totalidad.

Tabla 25. Equipos complementarios para uso digital

Equipos complementarios	UNIDADES	COSTOS
Consola de audio digital	1	\$ 4,000
Micrófonos Digitales	4	\$ 1,000
Sistema de Almacenamiento de Información	2	\$ 2,000
PC para procesamiento de audio de gran capacidad	1	\$ 2,000
TOTAL EQUIPOS COMPLEMENTARIOS		\$ 9,000

Fuente: Autor

Se tiene la necesidad de mencionar estos elementos ya que al trabajar con un estándar digital se necesitan de algunos componentes digitales como un sistema que tenga la capacidad de procesamiento de audio, equipos como consolas de audio que soporten el estado digital, pero esto no significa que no se puedan reutilizar algunos componentes del sistema en FM.

En resumen, los costos asociados hasta el momento se muestran a continuación.

Tabla 26. Resumen de Costos Equipos para digitalización

Equipos	COSTOS
Equipos DRM	215,000 dólares
Enlace Microondas	7,500 dólares
Equipos complementarios	9,000 dólares
TOTAL	231,500 dólares

Fuente: Autor

4.3 COSTOS DE LOS RECEPTORES DRM

Los receptores DRM son simples y fáciles de usar con una mejor calidad de audio y aplicaciones multimedia. Los costos que se refieren a receptores DRM difieren dependiendo del fabricante.

Para monitoreo se puede necesitar algunos receptores pero para fines de cálculo se da una aproximación de su valor, pero cabe recalcar que debe ser compatible con DRM para su mejor funcionamiento.

Tabla 27. Receptor DRM

Equipos	UNIDADES	COSTOS
Receptor Monitoreo	2	400 dólares
TOTAL		400 dólares

Fuente: Autor

El resumen de los costos asociados a equipos DRM+ del sistema de radiodifusión en la tabla 26 y los equipos receptores DRM de la tabla 27 se muestra a continuación.

Tabla 28. Resumen de Equipos Totales

Equipos	COSTOS
Resumen Equipos Digitalización	231,500 dólares
Equipo Receptor DRM	400 dólares
TOTAL	235,500 dólares

Fuente: Autor

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS REGULATORIO.

DRM+ es considerado como un estándar aprobado por la ETSI en 2009 y su uso de espectro es en el rango de 30 a 174 MHz. Ahora se considerarán varios documentos recuperados de ARCOTEL para mencionar los aspectos regulatorios acerca de la regulación actual en Ecuador y parámetros fundamentales para añadir a DRM como posible solución a la digitalización.

5.1 INTRODUCCIÓN

Según datos de ARCOTEL (2015) menciona que no existe en sí una reglamentación vigente en Ecuador que mencione cuál de los estándares digitales pueden ser considerados como listos para ponerlos en marcha. Simplemente se han realizado pruebas experimentales con el estándar DRM para tener claro cómo sería la migración a dicho estándar en caso de apegarse a ese en concreto.

5.2 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL

Según el artículo 41 de la ley orgánica de telecomunicaciones, se crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones – ARCOTEL (2015) “...con autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información...”.

Cabe mencionar que la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones anteriormente llamada Superintendencia de

Telecomunicaciones es la encargada de la regulación y control de las telecomunicaciones, también de la gestión del espectro radioeléctrico.

El Consejo de Regulación de la Comunicación (CORDICOM) es el encargado de aprobar los reglamentos para proyectos comunicacional, que la Ley de Comunicación exige para televisión, radio y ciertos sistemas audiovisuales por suscripción.

El reglamento lo define como la “propuesta de programación de contenidos”. E invalida otro que el CORDICOM había expedido en meses pasados.

Por ejemplo, se asignan determinados puntos si se incluyen contenidos como programas de derechos humanos, interculturales, entre otros. Además se difiere entre medios nacionales y los que no lo son, y según el tiempo al aire del contenido.

El reglamento también especifica que los proyectos entregados antes de su vigencia seguirán su trámite, pero que el CORDICOM podrá requerir “aclaraciones o actualizaciones”.

5.3 REGLAMENTACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR

Según el tercer suplemento de la ley orgánica de comunicación en el registro oficial numero 22 la radiodifusión es un “...servicio cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público en general, abarcando emisiones sonoras...”. Las estaciones de radiodifusión realizan sus transmisiones hacia la población.

En el artículo 18 del tercer suplemento de la ley orgánica de telecomunicaciones se habla sobre el uso y explotación del Espectro Radioeléctrico.

Se menciona que el espectro radioeléctrico es “...un bien del dominio público y un recurso limitado del Estado, inalienable, imprescriptible e inembargable...”.

Ahora con respecto al uso de este se requiere un título emitido por ARCOTEL para poder usarlo.

5.4 CONSIDERACIONES PARA LA REGULACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL EN EL PAÍS

Antes de adentrarse a revisar las consideraciones para la posible regulación de la radiodifusión en Ecuador se revisará antecedentes de regulación de DRM normados por otros organismos de control fuera de Ecuador.

5.4.1 NORMATIVA DRM POR LA ETSI

Las recomendaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) sobre DRM hablan de un sistema denominado como Sistema Digital G. En si considera la introducción de sistemas DRM. UIT-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Radiocomunicaciones) Rec. BS.1114 es la recomendación de la UIT para la radiodifusión sonora en la banda de frecuencias de 30 MHz a 3 GHz.

Las especificaciones del sistema DRM han sido aprobadas y publicadas por el EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE (ETSI). La norma ha evolucionado desde que cubría sólo las bandas de AM, a la versión actual que incluye modos de funcionamiento para todas las bandas de frecuencia por debajo de 300 MHz.

ETSI (Instituto Europeo de Estándar de Telecomunicaciones) ha publicado las especificaciones adicionales que permiten a las aplicaciones de datos, además de audio. DRM también es capaz de transmitir aplicaciones de datos diseñados para

el sistema DAB, permitiendo herramientas de creación y decodificadores receptor para ser reutilizados.(drm.org, 2015)

5.4.2 CONSIDERACIONES DE REGULACION EN ECUADOR

En el tercer suplemento de la ley orgánica de comunicaciones artículo 106 se menciona que “...las frecuencias del espectro radioeléctrico destinadas al funcionamiento de estaciones de radio y televisión de señal abierta se distribuirá equitativamente en tres partes, reservando el 33% de estas frecuencias para la operación de medios públicos, el 33% para la operación de medios privados, y 34% para la operación de medios privados...”. Esto se lo realiza para un orden en los recursos del estado.

En este mismo apartado se menciona que “...la distribución equitativa de frecuencias y señales que permitirá la digitalización de los sistemas de transmisión de radio...”. En sí, al ser una distribución equitativa se puede hacer migrar a las estaciones tanto de radio como de televisión a la era digital.

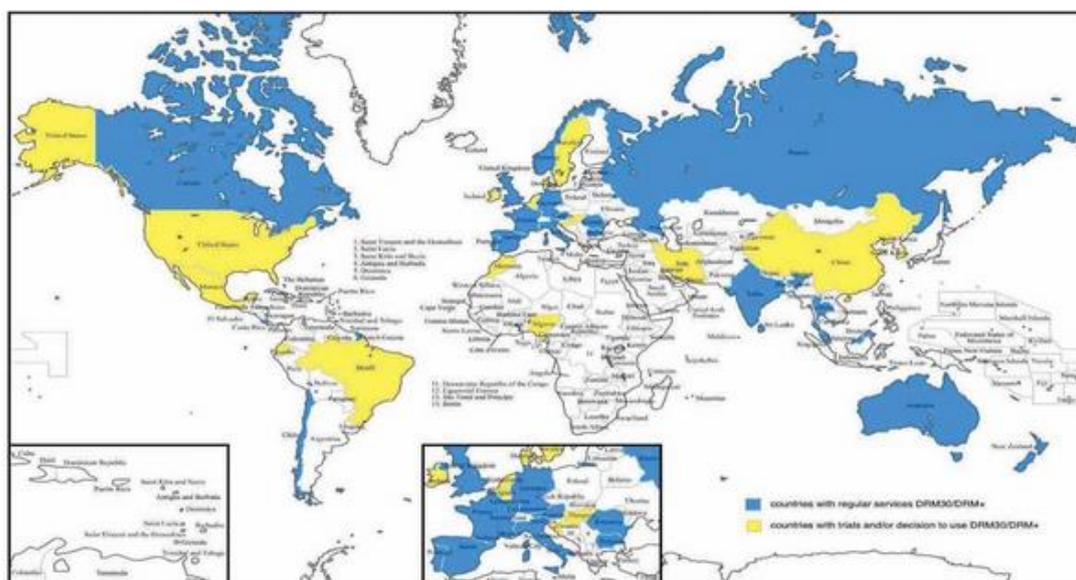
En el tercer suplemento de la ley orgánica de comunicación las disposiciones transitorias hablan acerca de la migración a la digitalización conforme a la Vigésima disposición que menciona “...el número de nuevas frecuencias y señales de radio y televisión que se obtengan de la transición de la tecnología analógica a la digital será administrado por el Estado...”. En si menciona que a pesar del cambio de analógico al digital, el estado estará administrando las frecuencias asignadas.

El Consorcio de DRM, fundado en 1998 para promover la adopción de las normas de Digital Radio Mondiale en todo el mundo, es una organización sin fines de lucro que cuenta con 100 miembros, incluidos difusores, fabricantes, reguladores e institutos de investigación trabajando en equipo para el beneficio de la radiodifusión.

DRM es una norma de radio digital abierta para todas las bandas de frecuencia. Cubre frecuencias por debajo de los 30 MHz, como las bandas de onda larga, media y corta (LW, MW y SW).

DRM+ es para frecuencias por sobre los 30 MHz, como la banda de difusión de FM.

Entre los países que cuentan con el servicio regular de DRM30/DRM+ se incluyen Austria, Francia, Alemania, India, Australia, Canadá y el Reino Unido. Las pruebas y/o las decisiones de usar DRM30/DRM+ están en marcha en Dinamarca, Hungría, Nigeria, China, Brasil, México y los Estados Unidos.



Mapa del DRM Consortium que muestra la distribución de DRM en el mundo.

Figura 84: Mapa de Cobertura DRM - Muestra la distribución DMR en el Mundo

Fuente: <http://www.radioworld.com/article/el-drm-es-probado-en-m%C3%A1s-pa%C3%ADses/217378#sthash.lvebFjhf.dpuf>

5.5 CONCESIÓN DE FRECUENCIAS DE RADIODIFUSIÓN

5.5.1 PROPUESTA DE TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS

Según la ARCOTEL para realizar el cobro de tarifas mensuales de radiodifusión sonora abierta la Dirección de Planificación de las Telecomunicaciones tiene un modelo que está basado en un análisis que corresponde a los servicios de comunicación (Radio y TV), y un valor relacionado con el ingreso de los concesionarios.(ARCOTEL, <http://sisap.arcotel.gob.ec>, 2016)

De esta forma el modelo lineal planteado es:

$$T_m = \sum_{i=1}^n (\alpha_i * fps_i) + k.Y \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

T_m = Tarifa mensual por uso de frecuencias de los servicios de radiodifusión Sonora y radiodifusión de Televisión.

α_i = Ponderador técnico socio territorial del cantón "i", (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 1)

Fps = Factor de población servida en el cantón "i" (dado por servicio y la población del cantón)

k = Porcentaje (%) que representa la utilidad razonable sobre los ingresos que el Estado estima por concepto de utilización del espectro radioeléctrico.

Y =Ingresos mensuales correspondientes al servicio.

n = Número total de cantones servidos por el sistema en operación.

i = Cantón donde exista frecuencias o estaciones concesionadas por el sistema en operación.

Cálculo de fps (factor de población servida): Es un factor que determina una posible población a ser cubierta por un medio de transmisión en función del servicio brindado.

Es así que dependiendo del servicio este factor podrá definir el porcentaje de la población total donde se encuentre un sistema de radiodifusión o televisión.

$$fps = \frac{\text{Población Cantón}}{\beta_{servicio}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

$\beta_{servicio}$ = Factor de servicio (potencias promedio de los transmisores de cada servicio)

Este índice es un factor inversamente proporcional a la población objetivo dependiendo del tipo de servicio (visto desde la potencia típica del servicio). Es decir, que a mayor potencia del transmisor se tiene un mayor alcance, sin embargo los niveles de intensidad de campo eléctrico disminuyen mientras se va alejando del sitio de transmisión, hecho por el cual se tiene una población objetivo variable dependiendo del servicio de radiodifusión.

En la siguiente tabla, muestra los valores calculados para este índice.

Tabla 29. Tabla de valores para el Índice β servicio

Factor	Radio AM	Radio FM	Televisión
B	6.233	1.407	1.407

Fuente: ARCOTEL

Ingresos (Y): Son los ingresos mensuales relacionados con la operación del sistema.

Constante (k): Estará determinada por el porcentaje de utilidad razonable sobre los ingresos mensuales que el Estado estima recibir por concepto de utilización del espectro radioeléctrico.

La siguiente figura muestra las concesionarias de radio y TV en función de la tarifa actual recaudada por el uso de frecuencias, según ARCOTEL menciona 84 concesionarios con ingresos diferenciados, la tarifa actual que cancelan los concesionarios por uso de frecuencias tiene similares valores, tanto para permisionarios con ingresos bajos, como para los concesionarios que perciben mayores ingresos.

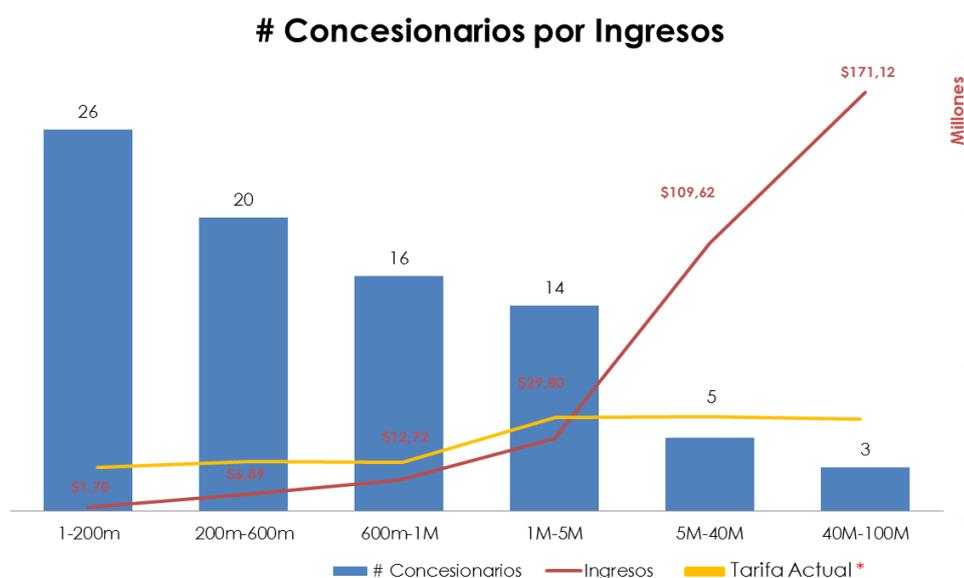


Figura 85: Respuesta de Tarifa actual vs. Ingresos de los concesionarios

Fuente: ARCOTEL

Se debe tomar en cuenta parámetros técnicos y de priorización que permitirán a los concesionarios entrantes y comunitarios tener una tarifa diferenciada hasta que puedan reportar los ingresos totales dentro de su primer año de operación, esto se aplica a los a servicio privados.

5.5.2 TARIFAS POR DERECHOS DE OTORGAMIENTO PARA RADIODIFUSIÓN

Según datos de la ARCOTEL para el pago por derechos de otorgamiento para los servicios de radiodifusión, se entiende que deberán realizar los concesionarios de los sistemas de radiodifusión sonora abierta una sola vez por el periodo que dure la concesión de las frecuencias para la operación del servicio.

La fórmula planteada es:

$$Do (USD) = SBU \cdot t \cdot \sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot AB_i) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Do= Derecho de otorgamiento de frecuencias.

SBU= Salario Básico Unificado.

α_i = Ponderador técnico socio territorial del cantón "i", (De acuerdo a la Tabla del Anexo 6)

ABi = Factor relacionado con el ancho de banda típico del servicio (AM=0,015 / FM=0,22 / TV=0,6)

t = tiempo de concesión (en años).

R= factor que determina un porcentaje asociado con el Salario Básico Unificado y los ingresos totales que percibe cada concesionario.

Y= ingresos anuales correspondientes al servicio.

n= Número total de cantones servidos por el sistema en operación.

i = Cantón donde exista frecuencias o estaciones concesionadas por el sistema en operación.

5.5.3 PAGOS DE CONCESIÓN DE EMPRESAS PÚBLICAS

Según lo menciona en la RESOLUCIÓN ARCOTEL 2015 0824 se dispondrá la suscripción del Título Habilitante respectivo, de conformidad con lo establecido en el artículo 5 numeral 6 del Reglamento para la Adjudicación de Títulos Habilitantes; debiéndose para el efecto considerar lo señalado en el artículo 6 del citado reglamento y el artículo 60 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, que exceptúan de los pagos de las tarifas de adjudicación y utilización de frecuencias a los medios de comunicación públicos. (ARCOTEL, <http://www.arcotel.gob.ec>, 2015)

Además en el ARTÍCULO TRES menciona que “Conforme lo dispuesto en el artículo 60 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, los servicios de radiodifusión del tipo público, no está obligado al pago de tarifas por adjudicación y utilización de frecuencias”.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES

- La saturación del espectro radioeléctrico en el país ha conllevado a tomar decisiones importantes en el ámbito de la radiodifusión, es decir se trata de buscar nuevas alternativas que contrarresten este problema pero al mismo tiempo que brinden mejores servicios.
- La transición de tecnologías analógicas a digitales, han llevado al estudio de nuevos sistemas de radiodifusión digital sonora como son IBOC, DAB y DRM, de acuerdo a un análisis de sus características se concluye que el sistema DRM es el que se adapta mayormente a las necesidades además permite la coexistencia de equipos digitales y analógicos, además observándolo desde el punto de vista económico la implementación de estos sistemas conlleva una menor inversión para las empresas de radiodifusión.
- Una de las ventajas que tiene el sistema DRM es que no está sujeta a licenciamiento, es decir, es gratuito y compatible con los sistemas AM y FM. El consumo de potencia es una gran ventaja en los sistemas DRM respecto a los sistemas analógicos ya que gracias al software ICS TELECOM se pudo notar que utilizando menor potencia en DRM se puede cubrir la misma área de cobertura que con FM.
- Una vez realizado el estudio se concluye que el sistema DRM es el estándar que de mejor manera se adapta a las necesidades de radio digital en el Ecuador ya que durante el período de transición brinda una señal robusta que además opera en modo híbrido, es decir, transmite simultáneamente las señal analógica y digital, no requiere la reorganización inmediata del espectro electromagnético ya que aprovecha espacios de separación que

hoy se utilizan entre emisoras analógicas, y por último se tiene acceso libre a las normas técnicas, y gracias a esto todos los fabricantes tienen la capacidad de diseñar y fabricar equipos para esta tecnología.

- Dentro de la concesión de frecuencia de radiodifusión para la adecuación de las nuevas tarifas de en este ámbito. se obtienen valores redistribuidos, los mismos que están de acuerdo a los ingresos en los servicios.

6.2 RECOMENDACIONES

- Actualmente en las principales ciudades del país se fomenta la migración de sistemas analógicos a digitales, pero no existen muchos convenios por parte de las empresas de radiodifusión para estos cambios, es necesario llegar a mutuos acuerdos entre la agencia reguladora y las empresas de radiodifusión.
- Se requiere la inserción de nuevos reglamentos en el ámbito de radiodifusión digital en Ecuador, también la creación de un estándar que Ecuador pueda adoptar como base de implementación.
- Cabe destacar que en Ecuador hay una carencia de distribuidores de equipos en el ámbito de la radiodifusión digital, esto es problema ya que de los pocos distribuidores que existen no brindan la ayuda requerida a personas que no estén amparadas o ligadas a una empresa.
- El uso del sistema DRM plus se recomienda abiertamente ya que a comparación del sistema ISDB-TSB no requiere de una redistribución de frecuencias en el espectro radioeléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

ADVANCED_RADIOCOMMUNICATIONS. (30 de MARZO de 2015). *ATDI ICS TELECOM*. Obtenido de <http://www.atdi.es/ics-telecom/>

ARCOTEL. (5 de Mayo de 2015). *ARCOTEL*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/>:
<http://www.arcotel.gob.ec/>

ARCOTEL. (27 de Noviembre de 2015). <http://www.arcotel.gob.ec>. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/0824-ARCOTEL-2015.pdf>: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/0824-ARCOTEL-2015.pdf>

ARCOTEL. (16 de Abril de 2015). <http://www.arcotel.gob.ec>. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf>: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf>

ARCOTEL. (30 de Abril de 2015). PARAMETROS RADIOFRECUENCIA UTV. (S. TOCAGON, Entrevistador)

ARCOTEL. (24 de Enero de 2016). <http://sisap.arcotel.gob.ec>. Obtenido de <http://sisap.arcotel.gob.ec/preguntas/15/proyecto-del-reglamento-de-derechos-por-otorgamiento-de-titulos-habilitantes-y-tarifas-para-servicios-de-radiodifusion>:
<http://sisap.arcotel.gob.ec/preguntas/15/proyecto-del-reglamento-de-derechos-por-otorgamiento-de-titulos-habilitantes-y-tarifas-para-servicios-de-radiodifusion>

Bassets, L. (1951). *Introducción: Elogio de la radiodifusión. Elementos de la Historia de la radio*. España.

Consortium, D. (2013). DRM Introduction and Implementation Guide. *DIGITAL RADIO MONDIALE*, 17-18.

Constantino Perez, A. L. (2007). *Sistemas de Comunicaciones*. España: UC.

DRM.ORG. (2014). DRM - The Digital Future of FM. *Digital Radio Mondiale*, 6.

- drm.org. (3 de 5 de 2015). *Digital Radio Mondiale*. Obtenido de http://www.drm.org/?page_id=112
- Erazo, H. (2009). Estudio y Análisis de la tecnología de redes de frecuencia única, y su aplicación en la radiodifusión en las bandas de AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito. *Tesis*, 13.
- ETSI. (2008). Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services. *Transmission aspects*, 30.
- Figueiras, A. (2002). *Una Panorámica de las Telecomunicaciones*. España: Prentice Hall.
- FMUSER. (2008). *Transmisor FM estéreo de emisión* . Obtenido de <http://es.fmuser.org/news/Fm-transmitter/80-Watt-FM-stereo-broadcast-transmitter.html>
- GIANCOLI, C. D. (2006). *Física: Principios con Aplicaciones*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Gomez, A. M. (7 de Julio de 2015). *Codec de Audio*. Obtenido de <https://prezi.com/6fembk7zzdgo/codec-de-audio/>
- Gutierrez, I. (29 de Junio de 2015). *SIstemas de Radiodifusión*. Obtenido de https://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/37469/1/capitulo2_historia_podcats.pdf
- Herrero, C. G. (2,3 de Junio de 2014). <http://www.encuentrosregionales.com/>. Obtenido de <http://www.encuentrosregionales.com/>: <http://www.encuentrosregionales.com/2014/wp-content/uploads/Valor-agregado-para-emisoras-de-radio-Garcia-Herrero.pdf>
- <http://www.drm.org>. (30 de Marzo de 2015). http://www.drm.org/?page_id=99. Obtenido de http://www.drm.org/?page_id=99: http://www.drm.org/?page_id=99
- <http://www.drm-brasil.org/>. (2 de Abril de 2015). <http://www.drm-brasil.org/es/content/carta-abierta-para-escoger-el-drm-digital-radio-mondiale-como-la-norma-tecnica-para-el-sbrd->. Obtenido de <http://www.drm-brasil.org>
- Maxson, D. P. (2007). *The IBOC Handbook: Understanding HD Radio Technology*. Estados Unidos: FOCAL PRESS.

- Müller C, S. P. (1993). *Applied psychoacoustics in space flight*. Alemania: S/E.
- Ninanya, C. (4 de Enero de 2013). *Canalización FM para la localidad de Lima*. Obtenido de Canalización FM para la localidad de Lima:
<https://prezi.com/ak6aasunhjaz/canalizacion-fm-para-la-localidad-de-lima/>
- Pereira, F. (2002). *The MPEG-4 Book*. New Jersey: IMSC.
- Pierce, J. y. (2002). *Señales: La ciencia de las Telecomunicaciones*. España: REVERTE.
- Radiocomunicación, G. d. (30 de Junio de 2015). *Tutorial de Radio Mobile*. Obtenido de <http://www3.fi.mdpu.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>
- Rivera, K. (1 de Noviembre de 2010).
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2585/1/CD-3272.pdf>. Obtenido de Estudio de los componentes de un receptor híbrido para el estándar IBOC en la banda de FM: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2585/1/CD-3272.pdf>
- TOMASI, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. México: Prentice Hall.
- Untersee, A. (3 de Febrero de 2004).
http://www.btic.fr/_GB/news/Le_radio_2004_Alain_Untersee.pdf. *DAB-IBOC-DRM a comparaison of three Terrestrial Digital Radio systems*, 18. Obtenido de <http://www.btic.fr>:
http://www.btic.fr/_GB/news/Le_radio_2004_Alain_Untersee.pdf

GLOSARIO

ANCHO DE BANDA: Longitud, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal.

ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones.

BANDA DE FRECUENCIA: Intervalos de frecuencias del espectro electromagnético asignados a diferentes usos dentro de las radiocomunicaciones. Su uso está regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y puede variar según el lugar.

CANAL: Medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de la información emisor y receptor.

COBERTURA: Área geográfica que cubre una estación específica de telecomunicaciones.

CODIFICACIÓN: Proceso por el cual la información de una fuente es convertida en símbolos para ser comunicada.

DECODIFICACIÓN: Proceso por el cual se convierten símbolos en información entendible por el receptor.

COFDM: Multiplexador por división de frecuencia Ortogonal codificada.

DEMODULACIÓN: Conjunto de técnicas utilizadas para recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información.

DIGITALIZACIÓN: Proceso de convertir información analógica en formato digital.

DAB: Digital audio Broadcasting. (Transmisión digital de audio)

DRM: Estándar de radiodifusión digital sonora Digital Radio Mondiale.

ESTANDAR: Término utilizado para implantar modelos o normas a seguir sirve como patrones de referencia.

ETSI: Instituto Europeo de estándar telecomunicaciones.

FUENTE: Lugar de donde emana la información, los datos, el contenido que se enviará.

GANANCIA: Relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena.

IBOC: In-band On-Channel o canal dentro de banda es un sistema de broadcast digital desarrollado por Ibisquity Digital Corporation.

ITU: La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras

MODULACIÓN: Proceso, o el resultado del proceso, de variar una característica de una portadora de acuerdo con una señal que transporta información.

BROATCAST: Transmisión de un paquete que será recibido por todos los dispositivos en una red.

CÓDEC: Es la abreviatura de codificador-decodificador. Describe una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos (STREAM) o una señal.

RADIOFRECUENCIA: Frecuencias de las ondas electromagnéticas de la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 KHZ. Y unos 300 GHZ empleadas en la radiocomunicación.

ANEXOS

ANEXO 1

DIGIDIA Modulador DRM +



Figura 86: Modulador DRM+

Fuente: <http://www.digidia.fr/Rubrique.aspx?RubriqueID=97&>

CARACTERÍSTICAS

- Marco Principal auto rango de alimentación (85-264 VAC / 47-63 Hz)
- Panel frontal con pantalla LCD de control básico en el sitio
- DRM + modulador / excitador compatible con el último documento ES 201 980 ETSI
- FAC, COSUDE y Gestión MSC
- Modo de transmisión E solamente
- Todos los modos QAM estándar (MSC 16 o 4 y SDC 4)
- Individual proceso Intercalado (600ms profundidad)
- Ancho de banda DRM + canal de 100 kHz
- 1/4, 1/3, 2/5 y 1/2 - velocidad de codificación de Igualdad MSC / desigual (EEP / UEP)
- Operaciones MFN y SFN (receptor GPS integrado para SFN)
- Reconfiguración dinámica apoyada
- Modulación de muy alto rendimiento (MER, estabilidad ...)
- Integrado digitales pre-corrector
- Digital I / Q o RF directa posibilidades de salida
- Banda I y II (bandas FM incluido)

DIGIDIA Servidor de Contenidos DRM+



Figura 87: Servidor de Contenido DRM+

Fuente: <http://www.digidia.fr/Rubrique.aspx?RubriqueID=97&>

CARACTERÍSTICAS

- Fuente de alimentación dual y RAID 1 disco duro sistema redundante intercambiable en caliente
- DRM + Audio / Content Server compatible con la última versión de ES 201 980
- Modo de transmisión E solamente
- Todos los modos QAM estándar
- Individual proceso Intercalado
- Ancho de banda DRM + canal de 100 kHz
- Reconfiguración dinámica apoyada
- Para operaciones MFN y SFN
- Individuales y codificador v2 Mpeg4 AAC HE múltiple (s) (Dolby / Coding Technologies licencia - Hasta cuatro servicios) con insertado de mensajes de texto asociado (s) (mensaje de texto software de edición incluido).
- MPEG SURROUND (MPS) codificador como una opción
- Opciones de capacidad de datos: MOT Presentación y el sitio Web de difusión, EPG, túneles IP, TPEG, baja velocidad de bits de vídeo.

DIGIDIA DRM Transmisor



Figura 88: Transmisor DRM

Fuente: <http://www.digidia.fr/Rubrique.aspx?RubriqueID=97&>

CARACTERÍSTICAS

- Alimentación principal de alimentación monofásica (230 VAC - 47 a 63Hz)
- DRM con receptor GPS interno para la sincronización de alto nivel y SFN propósitos
- Servidor web interno para fines de control remoto, configuración, monitoreo y mantenimiento a través de las páginas HTML amigables
- Panel frontal LCD para fines de control, configuración y monitoreo local
- Reporte de alarma a través de SNMP (TRAPS programables)
- Rango de frecuencia: entre 90 MHz y 110 MHz
- DRM gama potencia de salida: 250W
- Ganancia plenitud: +/- 2.5dB máximo
- Sistema de refrigeración: aire forzado
- Fuente de alimentación: 230VAC +/- 10% - 47 / 63Hz
- Rango de temperatura: -10 ° C a + 45 ° C
- Los circuitos de protección: sobre temperatura.
- MER: mejor que 30dB
- Todos los modos de DRM, parámetros de modulación DRM y anchos de banda de DRM
- MDI de entrada compatibles disponibles a través de un conector Ethernet RJ45

ANEXO 2

Manual de Configuración ICS TELECOM

Interfaz de Entrada de datos ICS TELECOM

Esta es la interfaz de inicio para cargar mapas e imágenes las cuales trabajan en capas, se debe considerar que los esenciales son:

- DTM: Modelo Digital Terreno
- Imagen del Mapa
- PAL: Paleta de Colores
- Capa Vector

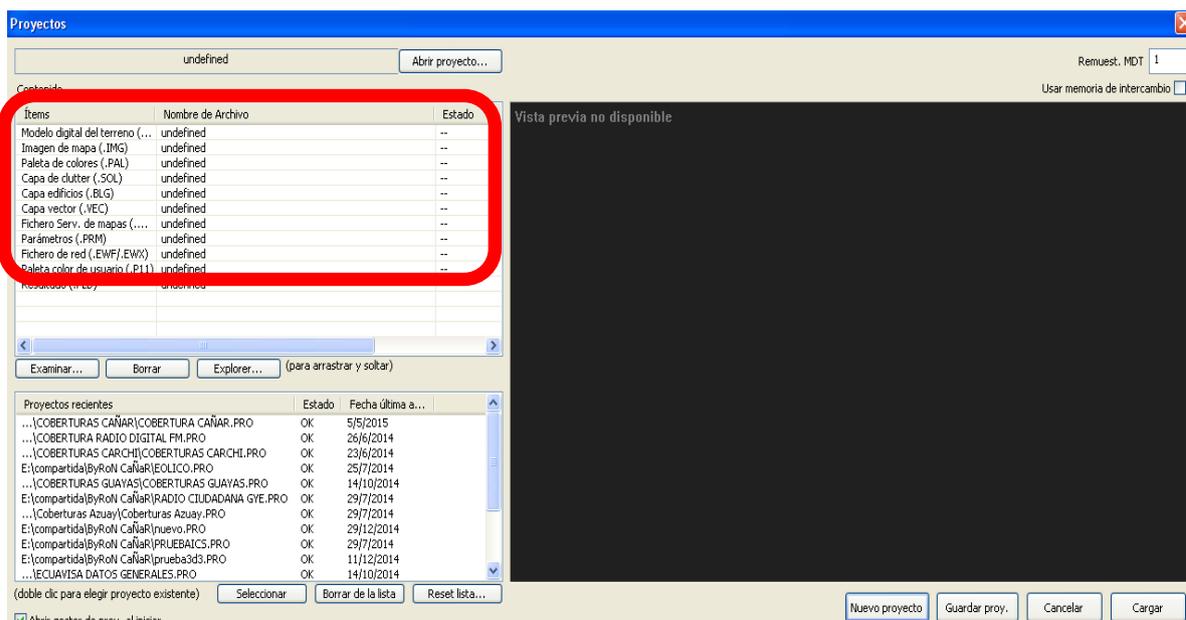


Figura 89: ICS TELECOM carga de mapas para simulación de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

El modelo digital terreno es una de las imágenes de disco que representa la topografía de una zona terrestre en una forma adaptada a su utilización mediante un ordenador digital.

La imagen del mapa representa al mapa físico del Ecuador a sus diferentes escalas están definidas por el software.

La paleta de colores representa los colores desde la superficie terrestre tomando en cuenta los sectores con mayor o menor influencia de las señales radiadas.

La última representa la capa que contiene la información de la ocupación del suelo y viene con extensión .SOL.

Ahora, en la parte inferior izquierda se encuentran los proyectos almacenados después de una prueba de cobertura pasada.

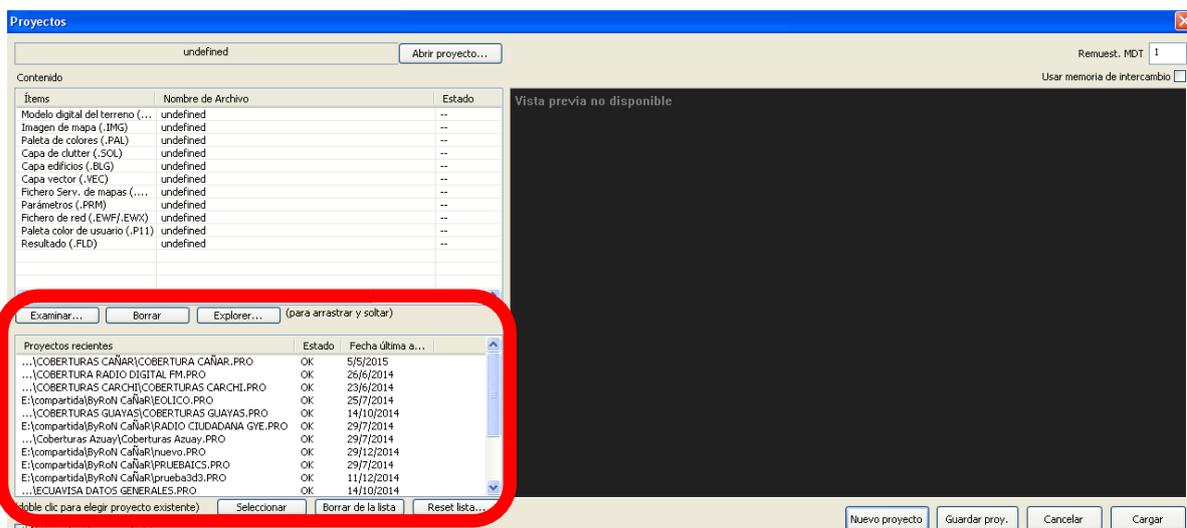


Figura 90: ICS TELECOM carga de mapas para simulación de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

Tal y como se muestra en la figura siguiente el ingreso de estos parámetros se los realiza en la pestaña emplazamiento, que se refiere a la ubicación en latitud y longitud de la estación TX/RX.

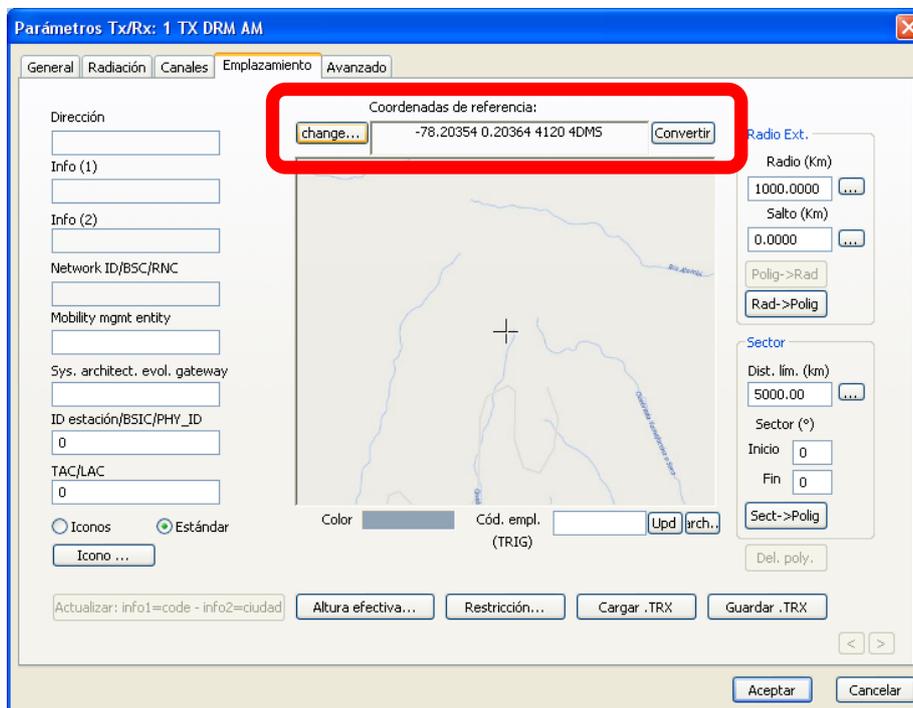


Figura 92: Ubicación geográfica de la estación TX/RX

Fuente: ARCOTEL - Autor

En la figura anterior se presiona en CHANGE y se añade los valores mencionados que son latitud y longitud

The screenshot shows the 'Site coordinates' dialog box. The EW and NS input fields are highlighted with a red box. The EW field contains '-78.201780' and the NS field contains '0.19494'. Other fields include 'Altitud (m)' with '-1', 'Código de coordenadas' with '4DMS', and 'Altitud encontrada (m)' with '3936' and '3959'. A map on the right shows a crosshair on a terrain map.

Figura 93: Cambio de parámetros

Fuente: ARCOTEL – Autor

Además se observa que el software realiza el cálculo de la altura a la que se encuentra la estación terrena que está alrededor de 3959m.

The screenshot shows the 'Site coordinates' dialog box. The 'Altitud encontrada (m)' field is highlighted with a red box, showing '3936' and '3959'. The EW and NS fields are also visible, containing '-78.201780' and '0.19494' respectively. The map on the right shows the same crosshair as in Figure 93.

Figura 94: Cambio de parámetros

Fuente: ARCOTEL – Autor

Cuando se añaden los parámetros de ubicación se presiona aceptar y se muestra exactamente la latitud y longitud señalada en el mapa digital.

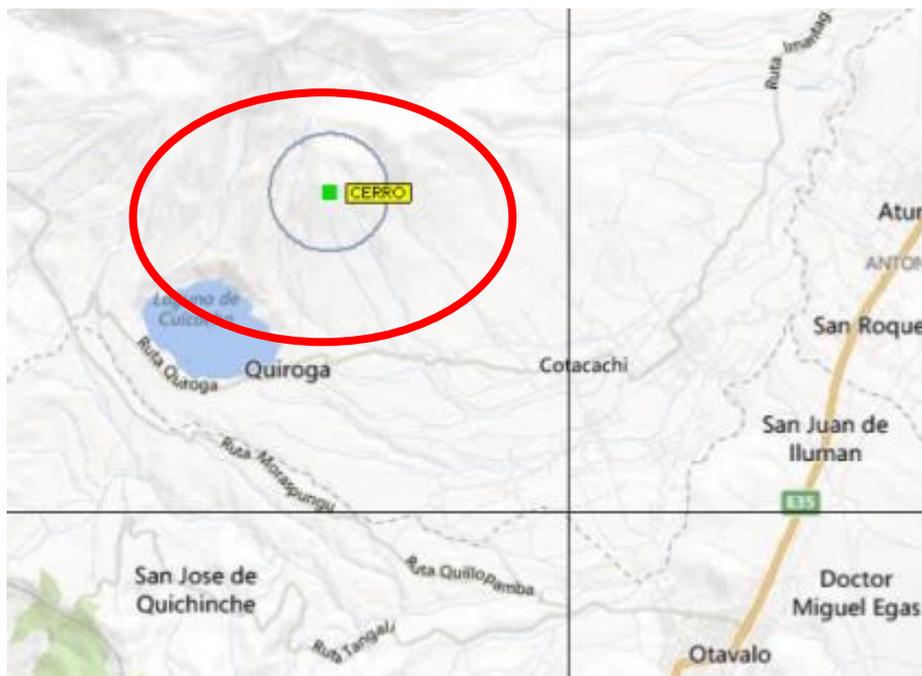


Figura 95: Añadiendo TX/RX para diseño de cobertura en ICS TELECOM

Fuente: ARCOTEL – Autor

Ahora, una vez se sitúa en la pestaña General se procede a modificar el apartado Señal y se escoge DRM como señal de transmisión.

Además se cambia la potencia a un valor que represente el 40% según datos obtenidos por el CONSORCIO DRM (2013) que menciona que una transmisión DRM al 40% de su potencia tiene la misma cobertura que una transmisión FM al 100%. Así que el valor de potencia en DRM se considera a 100 W.

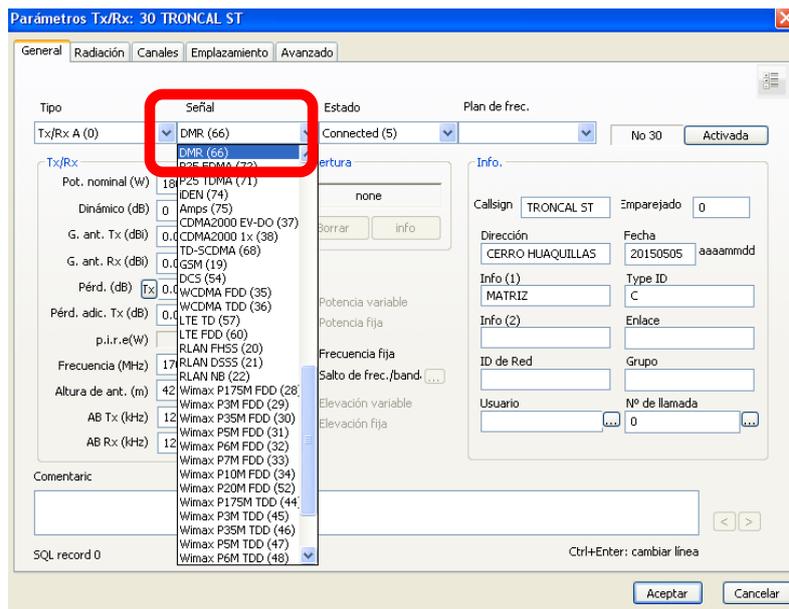


Figura 96: DRM como estándar de transmisión

Fuente: ARCOTEL – Autor

En el campo Ganancia de antena se mantiene el valor que es de 5,37 dB.

En frecuencia se añade la frecuencia de la emisora que es 101.1 MHz

En ancho de banda para TX se ingresa el valor de 200KHz que es el valor por defecto.

En altura de la antena se ingresa 30 metros.

Ahora se debe escoger el tipo de radiación, antenas y polarización. Apegándose a los parámetros inicialmente adquiridos, algunas de las características que posee la estación de radio Universitaria se mantienen para adoptar un modo híbrido.

Al escoger los parámetros de antenas para una emisión, se consideran las recomendaciones UIT – R que sean para antenas de emisiones para radiodifusión en ondas kilométricas.

Un ejemplo de estas son las ITU – R BS.401– 6.

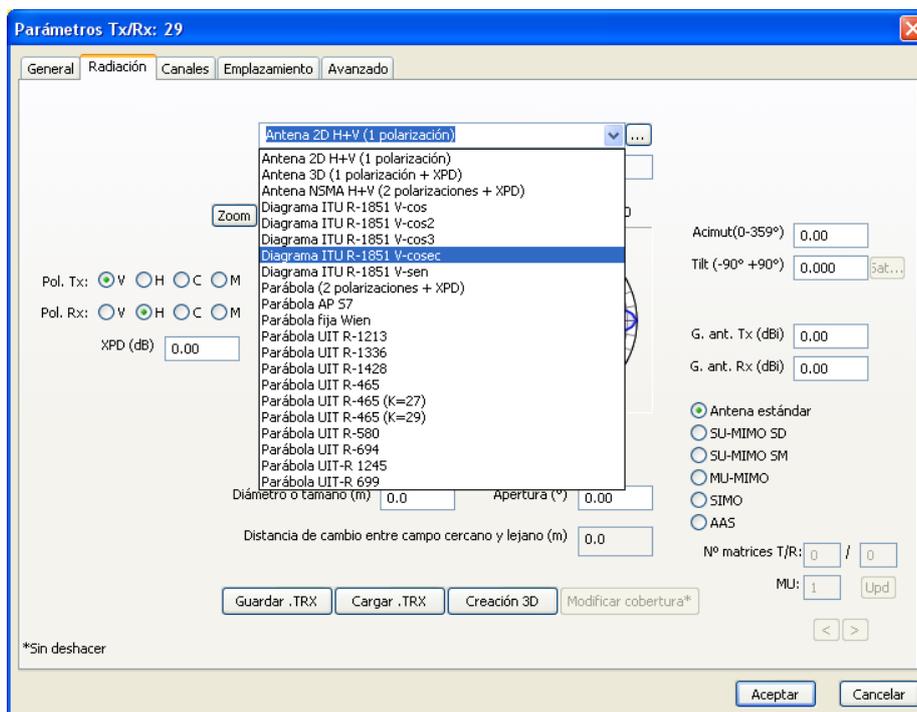


Figura 97: Antena según diagrama ITU R-1851

Fuente: ARCOTEL - Autor

Mediante datos obtenidos por el CONSORCIO DRM (2013) los parámetros que pueden mantenerse para trabajar en modo híbrido, es decir que coexistan las herramientas DRM con la anterior estructura FM son:

- Polarización: Circular
- Antenas: Direccionales
- Radiación: Al ser antenas direccionales su patrón de radiación tendrá la forma que se muestra en la figura 42.

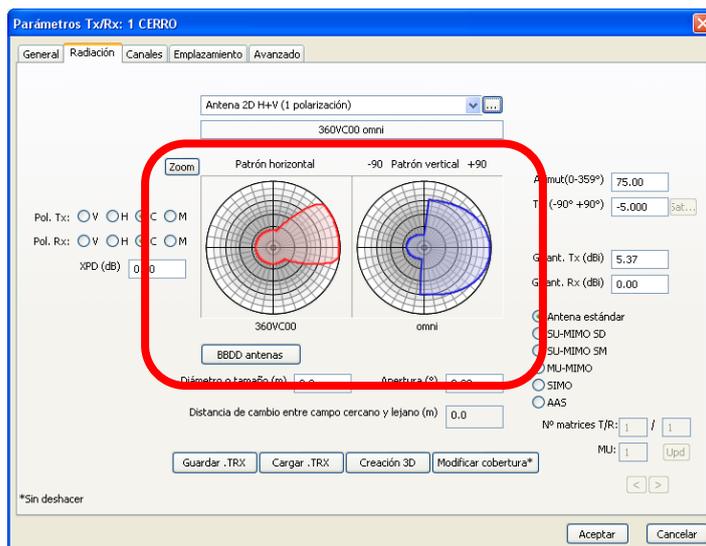


Figura 98: Seleccionamos Polarización de Antena

Figura: ARCOTEL – Autor

Al mantenerse las antenas, la variación de los equipos se dará en el cuarto de comunicaciones que se encuentra en la estación terrena.

Ahora, una vez ingresados todos los parámetros se presiona el botón aceptar y aparecerá un punto en el mapa que significa que la estación ya está lista para el diseño de cobertura.



Figura 99: Ubicación del sistema TX/RX para predicción de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

Simulación y Pruebas

Para simular la cobertura se hace clic derecho sobre la estación TX/RX y se selecciona cálculo de cobertura, después se abre una ventana para añadir parámetros de altura de las antenas y alcance de la transmisión.



Figura 100: Cálculo de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

En la ventana que aparece, se debe indicar la altura de las antenas, la altura es de 30 metros y la distancia en Kilómetros es de 50 Km para que tenga la misma cobertura que tiene FM, después se inicia la simulación.

Figura 101: Calculo en distancia y altura para diseño de cobertura

Fuente: ARCOTEL – Autor

El proceso de simulación de cobertura se inicia, Mediante los datos ingresados el proceso de predicción comienza y el software realiza los cálculos necesarios para mostrar una representación de los sectores en donde se tiene cobertura.

Una vez finalizado la simulación se observa las zonas de cobertura.

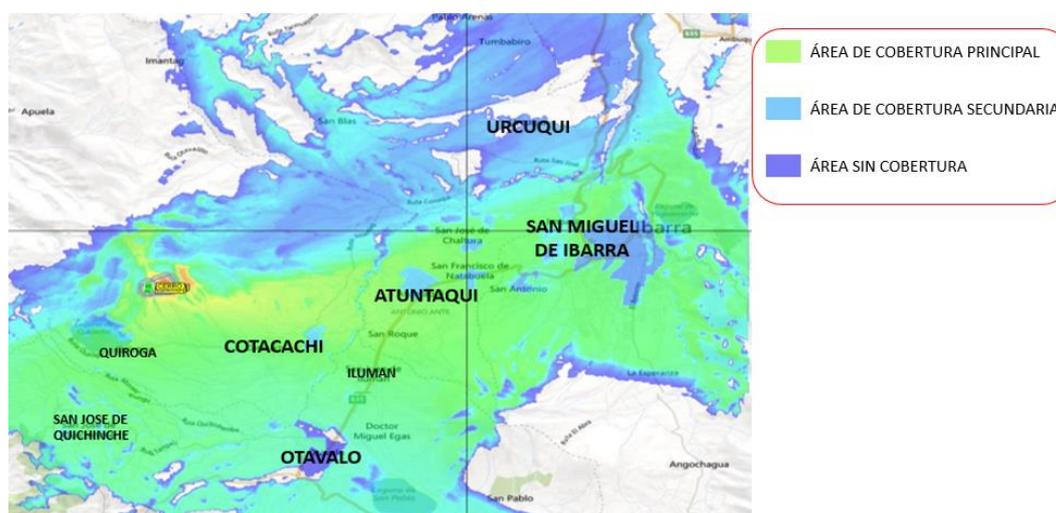


Figura 102: Visión de Cobertura DRM

Fuente: ARCOTEL – Autor

Las zonas geográficas de cobertura que se obtuvieron con DRM+ son las mismas que se tiene con FM y estas son: Atuntaqui, Otavalo, San Miguel de Ibarra, Urcuqui y Cotacachi, pero con menor potencia emitida.

ANEXO 3

ITU – R BS.401 - 6

Antenas de emisión para radiodifusión en ondas kilométricas y Hectométricas.

Antenas de radiación cenital vertical reducida

Una antena anti-desvanecimiento de gran eficiencia debe construirse en secciones fraccionadas y tener una altura eléctrica de $2\lambda/3$ a λ para obtener un aumento rápido de la intensidad de campo de la onda ionosférica cerca del punto en que es igual a la de la onda de superficie.

En la práctica, la zona de desvanecimiento es algo mayor a que la calculada y esto podría deberse, por una parte, a las variaciones de la capa E y, por otra, a reflexiones en la capa F, efectos que hay que tener en cuenta al estudiar las antenas.

Estudios realizados en Italia han mostrado la influencia combinada de un suelo de conductividad finita y un sistema de tierra sobre el diagrama de radiación vertical de la onda ionosférica de la antena emisora en ondas Hectométricas.

Mediante la utilización de un procedimiento de cálculo por computador, se ha derivado un factor de corrección que ha de aplicarse al diagrama de radiación de una antena de un solo mástil sobre tierra plana y perfectamente conductora.

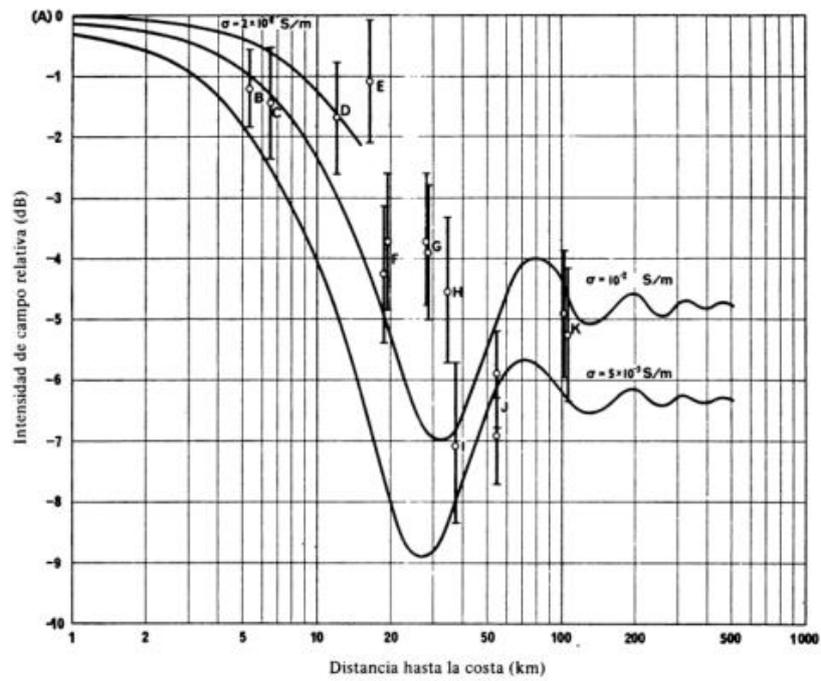


Figura a. Pérdidas teóricas y medidas debidas al suelo

— : Pérdidas teóricas debidas al suelo

○ : Pérdidas medidas

(Las líneas verticales indican los márgenes de error)

ANEXO 4

Receiver Profile 1 – Standard Radio Receiver

This is an audio receiver with at least a basic alphanumeric display.

Spectrum

DRM reception in the MF (530 KHZ. to 1720 KHZ.), HF (2.3 MHZ. to 27 MHZ.) and international FM (87.5 to 108 MHZ.) bands is mandatory in all territories.

DRM reception in other broadcasting bands is mandatory on a regional basis according to the licensed service plan.

DRM reception in all broadcasting bands below 174 MHZ. is recommended.

Channel decoding

Decoding of all defined channel band-widths is mandatory.

Audio

Stereo decoding (including Parametric Stereo) is mandatory if a stereo capable output is provided.

Emergency warning

Implementation of the emergency warning/alert feature is mandatory.

Text

Service label (station name) display is mandatory.

Text message display is mandatory on products with a 2-line display or better (except for in-car products).

Journaline presentation is recommended.

Support for regional character sets is recommended according to the region the product will be manufactured for or sold into.

EPG

Electronic Programme Guide presentation is recommended.

Traffic & Travel

For in-car products, TPEG and TMC decoding is recommended.

Service following

DRM to DRM service following (automatic frequency switching) is mandatory.

For products that include analogue service decoding (e.g. AM-AMSS, FM-RDS), DRM to analogue service following is mandatory.

For products that include other digital radio systems, DRM to digital service following is recommended.

Receiver Profile 2 – Rich Media Radio Receiver

This is an audio receiver with a colour screen display of at least 320 x 240 pixels.

All Receiver Profile 1 functionality, plus:

Audio

Surround Sound decoding is recommended.

Text

Journaline presentation is mandatory.

EPG

Electronic Programme Guide presentation is mandatory. Decoding of the advanced EPG profile is recommended.

Slide Show

Slide Show presentation is mandatory.

ANEXO 5**INFORME TÉCNICO N° DCE-R-2014-110**

ASUNTO: RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN AMPLITUD MODULADA (AM) DIGITAL, UTILIZANDO EL ESTÁNDAR DRM.

FECHA: 17 DE DICIEMBRE DE 2014

ANTECEDENTES**COBERTURA ANALÓGICA****PUESTA EN OPERACIÓN DEL TRANSMISOR DIGITAL DRM****PRUEBAS DE COBERTURA DIGITAL**

- Convenio de Cooperación Interinstitucional suscrito el 7 de octubre de 2011 con la compañía The World Radio Missionary Fellowship, Inc., concesionaria de HCJB, LA VOZ DE LOS ANDES, para establecer los procedimientos que permitirán a las dos instituciones llevar a cabo actividades conjuntas en la realización de pruebas de radio difusión digital en el Ecuador, mediante la utilización del estándar denominado Digital Radio Mondiale, DRM, a través del aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y financieros de las partes.
- Convenio de Cooperación suscrito el 7 de octubre de 2011 con la Unión Nacional de Periodistas, UNP, para establecer los parámetros y procedimientos que permitan realizar la coordinación entre las dos Instituciones, para realizar la instalación de los equipos de transmisión de radiodifusión, así como desarrollar el proceso de pruebas en la banda de amplitud modulada AM, mediante el aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y financieros de las partes.

- Segundo párrafo del artículo 10 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, que establece:

“El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión CONARTEL (2) a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones, podrá autorizar mediante resolución la operación de frecuencias o canales de radiodifusión o televisión con el carácter temporal en los siguientes casos:

- 1. Investigación de nuevas tecnologías de radiodifusión y televisión, que serán realizadas únicamente por la Superintendencia de Telecomunicaciones, para lo cual bastara únicamente comunicar al CONARTEL (3) de las frecuencias o canales que utilizará;*
- 2. Asuntos de emergencia o Seguridad Nacional y catástrofes naturales; y,*
- 3. Transmisión de eventos de trascendencia nacional o local.”*

INTRODUCCIÓN

La migración de los sistemas de transmisión de tecnología analógica a digital en los servicios de radiodifusión y televisión constituye uno de los principales avances en los últimos años, lo que contribuye no solo a mejorar la calidad del servicio, sino a ofrecer servicios adicionales, optimizando el uso del espectro radioeléctrico.

La radiodifusión digital inicia en 1992, sus pruebas en AM, con la técnica del IBOC (In Band On Channel) en Cincinnati. A mediados de 1994 se inician en Dinamarca las pruebas de radiodifusión digital DAB (Digital Audio Broadcasting). Otro de los estándares desarrollados es DRM (Digital Radio Mondiale), desarrollado en Europa y EE.UU., con la finalidad de diseñar un sistema que digitalice las señales de radiodifusión sonora desde el estudio hasta el receptor en el dominio digital, para operar en frecuencias por debajo de los 30 MHz.

En el Ecuador en los últimos años, se ha observado un alto crecimiento de la radiodifusión en frecuencia modulada, debido a la mejora de calidad de sonido frente a la señal de amplitud modulada, razón por la cual varios concesionarios de

estaciones de radiodifusión sonora en amplitud modulada, han optado por devolver las frecuencias al Estado. Frente a estos acontecimientos, la SUPERTEL, consideró importante buscar alguna alternativa de mejora de dicho servicio y la encontró en la calidad de servicio ofrecida por la radio digital para la banda de AM de los estándares existentes. Para el efecto, desde el año 2013 se ha ejecutado varias acciones para realizar pruebas de transmisión y recepción, habiéndose considerado iniciar con el estándar DRM.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Determinación del área de cobertura analógica de la estación de radiodifusión AM que opera en la frecuencia 820 kHz, que sirve a la ciudad de Quito, tanto teórica con el programa ICS-TELECOM, como en el campo con la medición de la intensidad de campo eléctrico en 32 puntos distribuidos dentro de la ciudad de Quito y en sus alrededores, entre las acciones ejecutadas se puede señalar:

- Entre octubre de 2011 y abril 2012, se realizan mejoras en las instalaciones del sistema de transmisión (Chillo Gallo) de Radio UNION (820 kHz) de Quito, en cuanto a:
 - Seguridades a nivel de la base de la torre del sistema radiante (soldadura de refuerzos usando ángulos de hierro).
 - Se colocan placas de cobre sujetas con abrazaderas en las juntas de la torre, para asegurar una buena continuidad se colocan pernos y se pinta la torre usando anticorrosivos y pintura mate.
 - Se realiza suelda de radiales y se coloca una placa de cobre alrededor de la cerca que cubre la torre y la caja de sintonía, para unirla a la plancha de cobre ubicada en la base de la torre, obteniéndose continuidad adecuada.

- Se instala un cable heliax independiente para la conexión entre el transmisor digital y la caja de sintonía, el nuevo cable tiene los conectores adecuados para el equipo transmisor a instalar.
 - Se diseña y construye una nueva caja de sintonía.
 - Se realiza una nueva instalación de tierra. Se realiza la interconexión de los terminales de puesta a tierra en la caseta para protección a los equipos que se van a instalar y la óptima operación de los mismos en las pruebas de radiodifusión digital en la banda AM.
 - Se instala elementos de protección para la operación del transmisor.
 - Evaluación económica de las actividades realizadas \$4,650.00
- Entre abril y junio de 2012, se realiza el proceso de calibración del equipo para operación Digital DRM, a fin de colocar la señal bajo la máscara del estándar respectivo, con la frecuencia 950 kHz; posteriormente se configura el equipo para la frecuencia 820 kHz; se realizan pruebas de funcionamiento de los equipos desde las instalaciones de HCJB, utilizando una carga fantasma de 1 kW. Además se trasladó los equipos hacia las instalaciones del Sistema de Transmisión de Radio UNIÓN (820 kHz) matriz de la ciudad de Quito, ubicadas en el Sector Chillogallo.
- Entre julio y agosto de 2012, se identifican los puntos en los que se realizarán las pruebas de cobertura analógica y digital, determinados en un radio de hasta 30 km, desde el sitio de ubicación del transmisor (Chillogallo); se determina el equipamiento que se requiere para dichas pruebas con el sistema de transmisión en analógico. Debido a que se detectan interferencias de las frecuencias adyacentes 800 kHz (Radio SENSACIÓN) y 840 kHz (Radio VIGÍA), se posterga el inicio de las pruebas.

A través de la IRN se realizan las inspecciones, controles y monitoreo para verificar estas interferencias, y posteriormente se emiten los respectivos procesos de juzgamiento. Con memorando IRN-2012-00861 de 9 de agosto de 2012, se informa a la DRT que se han solucionado las interferencias ocasionadas a la frecuencia 820 kHz, por sus frecuencias adyacentes. Posterior a la solución de interferencias, debido a las variaciones eléctricas existentes en el sector.

Se presentan problemas de operabilidad del transmisor, verificándose que no opera por más de 3 horas seguidas: por esta razón se realiza el cambio del UPS de 3 kVA por uno de mayor capacidad, 6 kVA. Se reprograma para realizarlas en octubre, a fin de realizar control remoto de las instalaciones, se solicita la instalación de una línea telefónica a la CNT para acceder a un plan de datos (internet).

- Entre septiembre y octubre de 2012, se verifica la estabilidad de la señal digital, comprobándose que existen problemas en la operación del modulador, lo que hace inestable a la señal. Se solicita a HCJBEEUU el envío de una tarjeta del modulador para cambiarla con el que se utiliza a fin de mejorar su operación. Además se verifica la falta de acoplamiento entre la caja de sintonía y la antena debido a que el cable helíax (1 5/8) de Radio UNION, fue extraído, lo que produjo el desacoplamiento del sistema (verificado por personal de SUPERTEL el 10 de septiembre de 2012), lo que impidió que se obtengan resultados exitosos en el circuito de pruebas de recepción realizado. Se realizan los trabajos de acoplamiento (ajustes en la caja de sintonía) y se mantienen reuniones (HCJB-SUPERTEL-HCJBEEUU) para determinar el tipo de antena externa que se utilizará en las pruebas de campo para la recepción de la señal digital DRM.

Se diseña, construye e instala una antena externa para recepción fija en las oficinas de la SUPERTEL matriz, y se planifica la realización de pruebas de recepción móvil con una antena diseñada y construida en HCJB-EEUU.

- Por último a finales del 2013 y durante algunos meses de 2014, se realizaron las pruebas de transmisión y recepción de la señal digital con el estándar DRM, en puntos externos e internos, diurnos y nocturnos en puntos dentro del área de cobertura y en su periferia, de manera de establecer la cobertura de la señal digital.

PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRUEBAS TÉCNICAS

El transmisor entregado en calidad de préstamo a la Superintendencia de Telecomunicaciones, es un transmisor híbrido (analógico/digital) que tiene las siguientes características:

Marca:	HARRIS
Modelo:	DAX-1

El sistema radiante utilizado tiene las siguientes características:

Marca:	Construcción
Modelo:	Torre Radiante
Altura:	90 m

La ubicación del sistema de transmisión de prueba es:

Tabla 30. Ubicación de Sistemas de Prueba

Dirección:	Ciudadela Ibarra, Sector Chillogallo	
Coordenadas Geográficas (WGS84):	78°34'17.2"	00°17'41.9" S
Altura sobre el nivel del mar:	2934 m	

Fuente: ARCOTEL

Las pruebas técnicas de radiodifusión digital en la banda AM, con el estándar DRM, tienen como objetivo determinar el desempeño de este estándar, en coexistencia con la radiodifusión analógica AM, por lo que, se considera necesario que antes de

realizar pruebas del estándar digital DRM, se debería determinar el área de cobertura analógica de la frecuencia 820 kHz.

COBERTURA ANALÓGICA

En la Figura 1, se presenta el gráfico del área de cobertura analógica, teórica, obtenido con ayuda del programa ICS-TELECOM, con las siguientes características:

Tabla 31. Tabla de Cobertura Analógica

Frecuencia (kHz)	Ubicación Transmisor	Coordenadas Geográficas y Alturas (WGS84)	Tipo de Antena	Azimuth Máxima Radiación	Potencia Salida (W)	Ganancia (dBd)	Perdidas Cables-Conect. (dB)	P.E.R. Azimuth máx. Radiac. (W)
820	Cdla, Ibarra, Sector Chillogallo, Quito	78°34'17.2" W 00°17'41.9" S 2934 m	Torre Radiante	Omnidireccional	1000	3.01	1	1588.5

Fuente: ARCOTEL

Grafica de la simulación del área cobertura analógica de la estación de radio Unión en la banda (820 kHz):

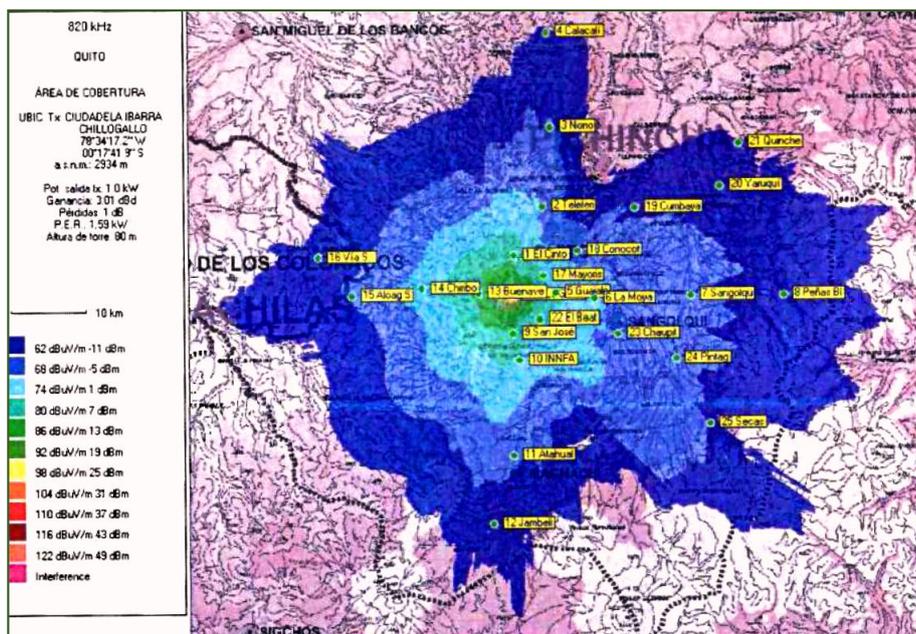


Figura 103 : ARCOTEL Cobertura Analógica

De acuerdo con lo establecido en las Recomendaciones de la UIT, a fin de realizar pruebas de campo que permitan determinar el área de cobertura analógica real, se establece una metodología basada en mediciones a lo largo de radiales y arcos, en donde se han definido 25 emplazamientos, como se muestra en la siguiente Figura.

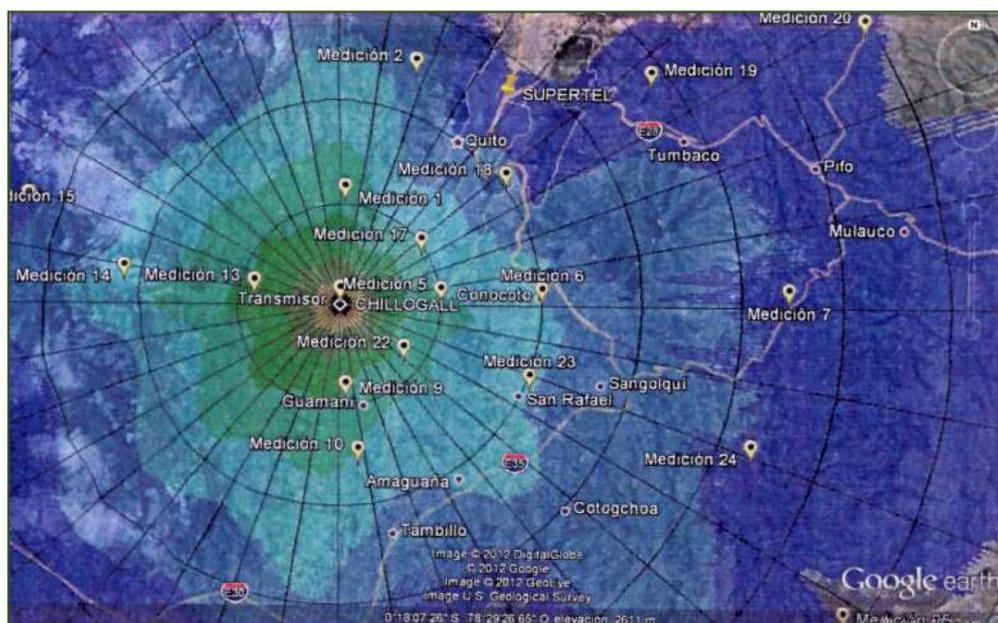


Figura 104 : ARCOTEL Cobertura real analógica

Los emplazamientos se definen con ayuda del programa GoogleEarth, en donde se puede visualizar las calles y edificaciones existentes en un punto dado, se trata de ubicar los puntos en lugares accesibles a vehículos, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 32. Coordenadas con Software GOOGLE EARTH sobre Edificios.

PUNTOS	Sitio Coordenadas Geográficas:		Referencia
1	00°14'49.1" S	78°34'10.6" W	Entrada Principal Iglesia El Cinto
2	00°11'16.2" S	78°32'08.3" W	Teleférico (Antenas localizadas junto a la estación de arribo)
3	00°6'20.61" S	78°32'0.42" W	Camino Atucucho Nono
4	00°00'4.23" N	78°32'6.48" W	Peaje Calacalí
5	00°17'32.9" S	78°31'12.2" W	1er puente peatonal, después del intercambiador Guajaló – Alóag, sentido norte – sur
6	00°17'58.6" S	78°28'21.7" W	Sector la cancha de la Moya
7	00°17'45.7" S	78°21'24.9" W	Vía entre Sangolqui y Pifo
8	00°17'44.74" S	78°14'45.16" W	Peñas Blancas Vía Pifo Papallacta
9	00°20'27" S	78°34'15" W	Calle Francisco Campos, Centro Pastoral San José
10	00°22'23.0" S	78°33'47.0" W	Cutuglagua Etapa 3 y 4, Cancha de futbol, junto a la Iglesia Santo Domingo de Guzman y al centro Caritas Felices del INNFA
11	00°29'19.0" S	78°34'13.8" W	Base Militar Atahualpa
12	00°34'18.5" S	78°35'42.6" W	Puente Jambelí
13	00°17'32.72" S	78°36'42.77" W	Vía Buenaventura Santo Domingo de los Tsachilas
14	00°17'7.65" S	78°40'32.99" W	Vía a Chiriboga
15	00°15'0.14" S	78°43'29.04" W	Vía Chiriboga Cascada
16	00°14'57.21" S	78°48'14.26" W	Vía Alóag Santo Domingo
17	00°16'18.0" S	78°32'03.1" W	Dentro del Mercado Mayorista (Puesto de color verde casi esquinero)
18	00°14'28.8" S	78°29'34" W	Av. Simón Bolívar Ingreso camino viejo a Conocoto
19	00°11'21.84" S	78°25'26.14" W	Entrada Reservorio Cumbayá
20	00°9'48.14" S	78°19'17.28" W	Triangulo Mercado Municipal Yaruquí
21	00°6'42.28" S	78°17'55.76" W	El Quinche
22	00°19'25.8" S	78°32'18.5" W	Línea férrea, detrás de los tanques El Beaterio
23	00°20'2.9" S	78°26'39.7" W	Iglesia Chaupitena
24	00°22'17.1" S	78°22'30.7" W	Iglesia de Pintag
25	00°27'02.1" S	78°20'02.4" W	Lago Secas

Fuente: ARCOTEL

EJECUCIÓN DE PRUEBAS DRM

Se define un formulario a ser llenado durante la realización de las pruebas, en el que constan los datos de ubicación del punto establecido teóricamente y del punto en donde se realizará la medición, ya que se puede cambiar el punto teórico debido a la existencia de líneas de alta tensión o inaccesibilidad al sitio, de distancia al transmisor, de potencia de salida del transmisor y de intensidad de campo eléctrico.

➤ PRUEBAS DE COBERTURA ANALÓGICA

Se realizan las pruebas de cobertura analógica desde el 9 de octubre de 2012, hasta el 22 de octubre de 2012, utilizando dos equipos medidores de intensidad de campo eléctrico, uno proporcionado por la HCJB (analógico) y otro de la SUPERTEL (digital), en la mayoría de los puntos, con excepción de los puntos 3, 4 y 22, en donde solo se contaba con el equipo proporcionado por la HCJB, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 33. Pruebas de Cobertura con HCJB y ARCOTEL

PUNTOS	Referencia	EQUIPO	EQUIPO
		HCJB (dB μ V/m)	SUPERTEL (dB μ V/m)
1	Entrada Principal Iglesia El Cinto	93.33	93.4
2	Teleférico (Antenas localizadas junto a la estación de arribo)	84.18	84.5
3	Camino Atucucho Nono	55.27	----
4	Peaje Calacalí	48.63	----
5	1er puente peatonal, después del intercambiador Guajaló – Alóag, sentido norte – sur	96.10	96.1
6	Sector la cancha de la Moya	85.76	85.7
7	Vía entre Sangolqui y Pifo	76.52	76.5
8	Peñas Blancas Vía Pifo Papallacta	62.14	62.1
9	Calle Francisco Campos, Centro Pastoral San José	93.89	93.9
10	Cutuglagua Etapa 3 y 4, Cancha de futbol, junto a la Iglesia Santo Domingo de Guzman y al centro Caritas Felices del INNFA	89.60	89.6
11	Base Militar Atahualpa	73.89	73.9

12	Puente Jambelí	65.58	65.6
13	Vía Buenaventura Santo Domingo de los Tsachilas	83.05	82
14	Vía a Chiriboga	62.54	62.4
15	Vía Chiriboga Cascada	32.87	33.3
16	Vía Alóag Santo Domingo	40.83	40.4
17	Dentro del Mercado Mayorista (Puesto de color verde casi esquinero)	96.78	96.8
18	Av. Simón Bolívar Ingreso camino viejo a Conocoto	90.55	90.4
19	Entrada Reservoirio Cumbayá	75.99	76
20	Triangulo Mercado Municipal Yaruquí	72.26	72.2
21	El Quinche	64.86	64.8
22	Línea férrea, detrás de los tanques El Beaterio	51.60	----
23	Iglesia Chaupitena	83.23	83.2
24	Iglesia de Pintag	70.78	70.8
25	Lago Secas	53.70	53.7

Fuente: ARCOTEL

A fin de realizar una comparación entre los resultados obtenidos y el gráfico del área de cobertura teórica y con ayuda del programa ICS-TELECOM se establecen los valores teóricos de los niveles de intensidad de campo eléctrico en cada uno de los puntos escogidos para realizar las mediciones, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 34. Comparación con Predicción Teórica y Pruebas Realizadas.

PUNTOS	Referencia	Predicción	EQUIPO	EQUIPO
		Teórica (dB μ V/m)	HCJB (dB μ V/m)	SUPERTEL (dB μ V/m)
4	Peaje Calacalí	62	48.63	----
21	El Quinche	62	64.86	64.8
12	Puente Jambelí	64	65.58	65.6
16	Vía Alóag Santo Domingo	64	40.83	40.4
20	Triangulo Mercado Municipal Yaruquí	65	72.26	72.2
8	Peñas Blancas Vía Pifo Papallacta	66	62.14	62.1
19	Entrada Reservoirio Cumbayá	68	75.99	76
25	Lago Secas	68	53.70	53.7

3	Camino Atucucho Nono	69	55.27	----
15	Vía Chiriboga Cascada	69	32.87	33.3
7	Vía entre Sangolqui y Pifo	70	76.52	76.5
11	Base Militar Atahualpa	70	73.89	73.9
24	Iglesia de Pintag	70	70.78	70.8
18	Av. Simón Bolívar Ingreso camino viejo a Conocoto	72	90.55	90.4
23	Iglesia Chaupitena	74	83.23	83.2
2	Teleférico (Antenas localizadas junto a la estación de arribo)	75	84.18	84.5
6	Sector la cancha de la Moya	77	85.76	85.7
14	Vía a Chiriboga	80	62.54	62.4
10	Cutuglagua Etapa 3 y 4, Cancha de futbol, junto a la Iglesia Santo Domingo de Guzman y al centro Caritas Felices del INNFA	82	89.60	89.6
5	1er puente peatonal, después del intercambiador Guajaló – Alóag, sentido norte – sur	83	96.10	96.1
22	Línea férrea, detrás de los tanques El Beaterio	85	51.60	----
17	Dentro del Mercado Mayorista (Puesto de color verde casi esquinero)	86	96.78	96.8
1	Entrada Principal Iglesia El Cinto	88	93.33	93.4
9	Calle Francisco Campos, Centro Pastoral San José	88	93.89	93.9
13	Vía Buenaventura Santo Domingo de los Tsachilas	92	83.05	82

Fuente: ARCOTEL

Se observa que los resultados obtenidos de las mediciones en el campo, en los emplazamientos seleccionados, son cercanos a los resultados teóricos; sin embargo, en algunos puntos, se tienen valores diferentes, por lo que se realizan nuevas mediciones en estos puntos.

Se realizan las nuevas mediciones el 4 de diciembre de 2012, utilizando los equipos antes señalados, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 35. Resultados de Mediciones 2012

PUNTOS	Referencia	Predicción	EQUIPO	EQUIPO
		Teórica (dB μ V/m)	HCJB (dB μ V/m)	SUPERTEL (dB μ V/m)
17	Dentro del Mercado Mayorista (Puesto de color verde casi esquinero)	86	96.78	96.8
19	Entrada Reservoirio Cumbayá	68	76.12	76.4
22	Línea férrea, detrás de los tanques El Beaterio	85	95.34	95.3
18	Av. Simón Bolívar Ingreso camino viejo a Conocoto	72	90.63	90.6
5	1er puente peatonal, después del intercambiador Guajaló – Alóag, sentido norte – sur	83	95.56	95.4
20	Triangulo Mercado Municipal Yaruquí	65	---	68.3

Fuente: ARCOTEL

Como se puede observar, se tiene una diferencia significativa entre la predicción teórica y los resultados obtenidos, por lo que se trabaja en conjunto con la empresa AGROPRECISIÓN, en la corrección del mapa de conductividad utilizado para elaborar los gráficos de cobertura de estaciones AM, obteniéndose el siguiente gráfico.

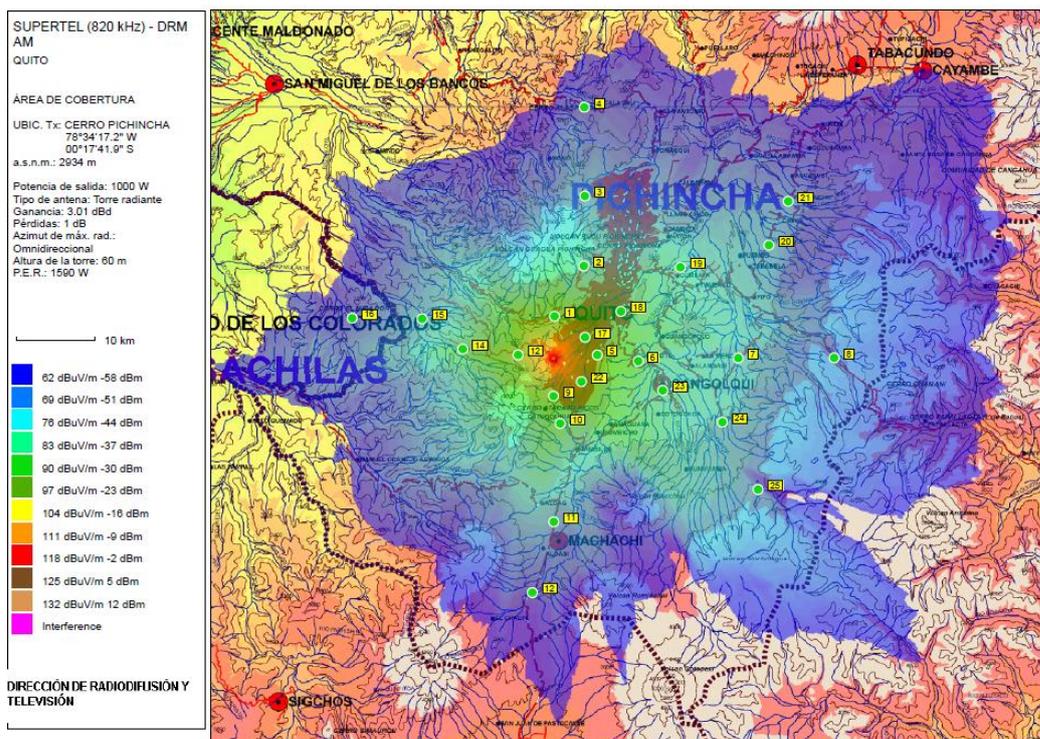


Figura 105– ARCOTEL Predicción de área de cobertura

➤ PRUEBAS DE COBERTURA DIGITAL

Se realizan las pruebas de cobertura digital los días 19, 25 y 26 de marzo de 2013, utilizando un equipo medidor de intensidad de campo eléctrico, proporcionado por la HCJB (analógico), en los puntos que se detallan a continuación:

Tabla 36. Tabla de Coordenadas de Puntos de Cobertura.

No.	Referencia	LONGITUD	LATITUD	ALTURA (m)
1	HCJB	78°29'22.8" W	00°10'19.9" S	2837
2	LA CAROLINA	78°28'57.2" W	00°10'51.3" S	2806
3	PARQUE INGLES	78°29'52.6" W	00°08'00.7" S	2878
4	CEMEXPO	78°27'11.1" W	00°02'01.3" S	2459
5	LÍNEAS TREN ALOASI	78°35'58.9" W	00°31'07.7" S	3112
6	PANAMERICANA NORTE, VÍA A MACHACHI- LATACUNGA, CERCANO A LOCALIDAD POLIVIO	78°35'58.6" W	00°34'22.8" S	3202
7	IGLESIA PINTAG, PARQUE CENTRAL	78°22'17.3" W	00°22'32.1" S	2884
8	CAMINO A PEÑAS BLANCAS	78°16'34.3" W	00°16'05.8" S	3143
9	EL QUINCHE	78°17'55.6" W	00°06'41.8" S	2550
10	AZCAZUBI	78°16'42.5" W	00°01'46.6" S	2591

11	ESTACIÓN DE POLICÍA ENTRADA A GUAYLLABAMBA	78°20'27.7" W	00°02'55.8" S	2146
12	ESTACIÓN POLICÍA ENTRADA CARAPUNGO DENTRO DEL PARQUE	78°27'15.8" W	00°06'29.7" S	2648

Fuente: ARCOTEL

Simulación de los 12 puntos fijos de referencia para las pruebas DRM:

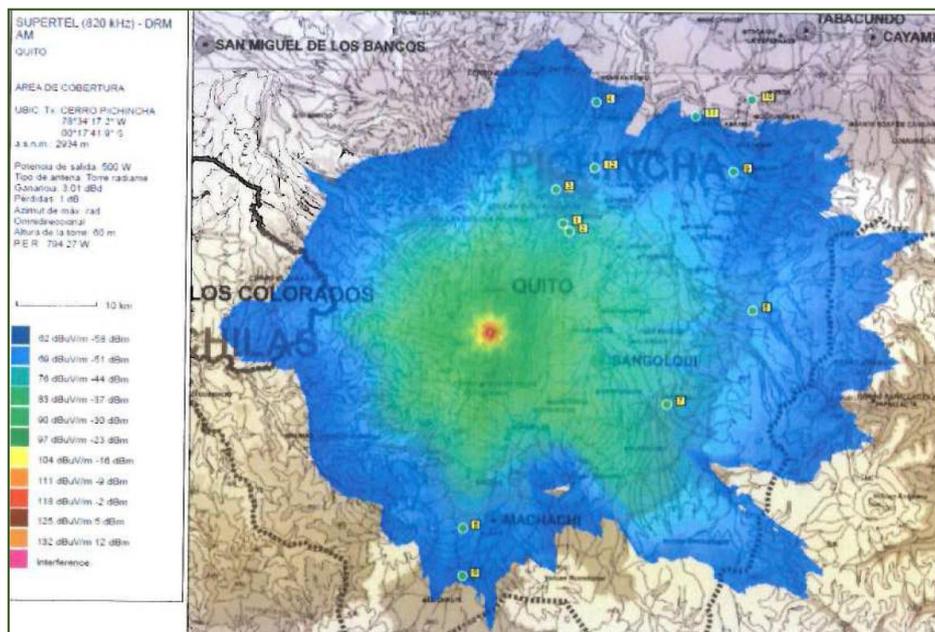


Figura 106– ARCOTEL Simulación de los 12 puntos fijos

Las características de operación del sistema de transmisión digital son:

Tabla 37. Tabla de características de operación del sistema digital

Frecuenc. (kHz)	Ubicación Transmisor	Coordenadas Geográficas y Alturas (WGS84)	Tipo de Antena	Azimut Máxima Radiación	Potenc. Salida (W)	Gananc. (dBd)	Perdidas Cables- Conect. (dB)	P.E.R. Azimut maxi. Radiac. (W)
820	Cdla, Ibarra, Sector Chillo Gallo, Quito	78°34'17.2" W 00°17'41.9" S 2934 m	Torre Radiante	Omnidireccio- nal	500	3.01	1	794.27

Fuente: ARCOTEL

Para ubicar los sitios en donde se hicieron las pruebas de cobertura digital, se los geo- referencia sobre la cobertura analógica obtenida con ayuda del programa ICS-

Telecom, y las características antes detalladas, como se observa en la siguiente Figura.

De las mediciones realizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 38. Tabla de las Mediciones realizadas.

No	UBICACIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (mV/m)	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (dBμV/m)
1	HCJB	5.8	75.27
2	LA CAROLINA	5.5	74.71
3	PARQUE INGLES	1.4	62.92
4	CEMEXPO	0.7	56.90
5	LÍNEAS TREN ALOASI	0.9	59.08
6	PANAMERICANA NORTE, VÍA A MACHACHI-LATACUNGA, CERCANO A LOCALIDAD POLIVIO	1.1	60.82
7	IGLESIA PINTAG, PARQUE CENTRAL	2	66.02
8	CAMINO A PEÑAS BLANCAS	0.8	58.06
9	EL QUINCHE	0.78	57.84
10	AZCAZUBI	0.64	56.12
11	ESTACIÓN DE POLICÍA ENTRADA A GUAYLLABAMBA	0.6	55.56
12	ESTACIÓN POLICÍA ENTRADA CARAPUNGO DENTRO DEL PARQUE	1.4	62.92

Fuente: ARCOTEL

Se utilizan además los equipos DRB-30 con el software DREAM, antena externa de recepción, diseñada y construida por HCJB ELKHART (Estados Unidos), y receptor digital NEWSTAR DR111, con los que se obtuvieron resultados en un instante de tiempo específico, de varios parámetros como SNR (Relación Señal a ruido), MER, así como gráficos de Audio Spectrum, Input PSD, Input Spectrum., entre otros, de los cuales se muestran ejemplos de capturas gráficas a continuación:

En la siguiente imagen se puede visualizar el audio Spectrum, que es el rango audible para el oído humano.

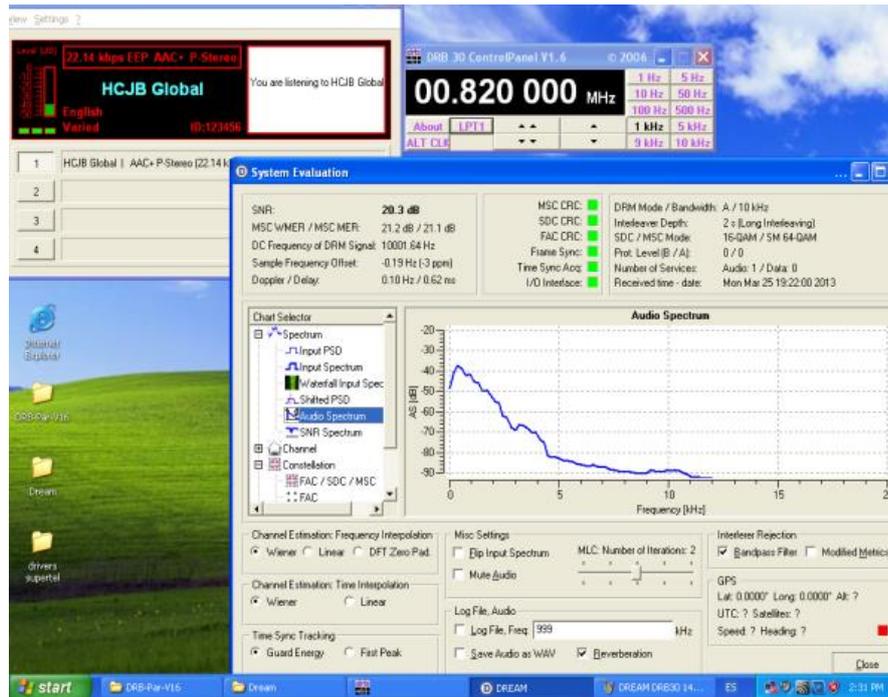


Figura 107 – ARCOTEL Audio Spectrum

En la siguiente figura se muestra la entrada PSD, es decir nos muestra la densidad espectral y cómo está distribuida la potencia o la energía de dicha señal sobre las distintas frecuencias de las que está formada

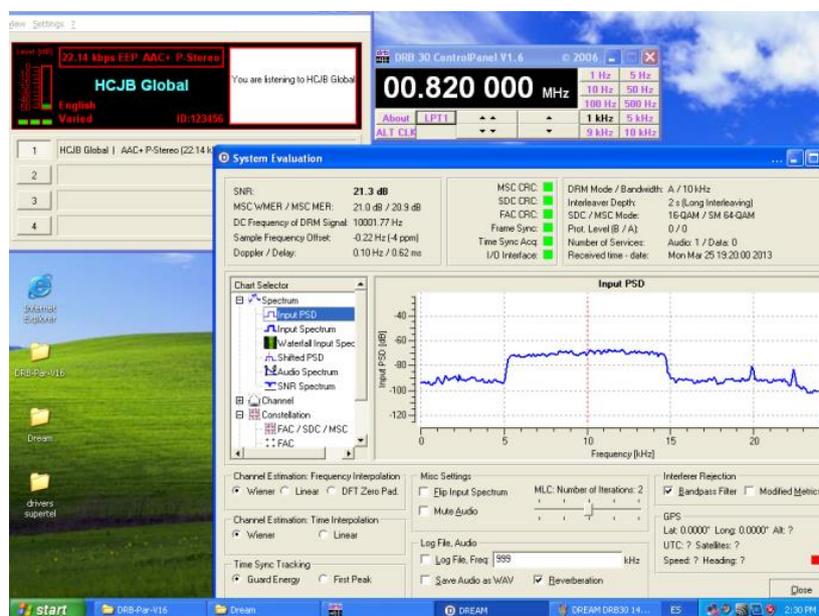


Figura 108 – ARCOTEL Densidad Espectral

En la siguiente figura se muestra la magnitud del espectro de una entrada de señal frente a la frecuencia dentro de la gama de frecuencias completa.

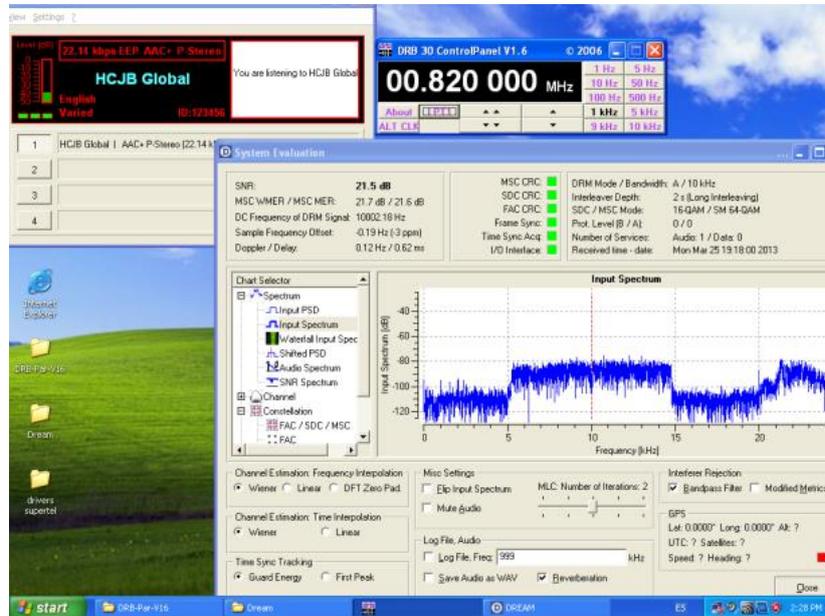


Figura 109 – ARCOTEL Magnitud del Espectro

En la siguiente figura se muestra la diferencia de fase o el poder de desplazamiento de la densidad espectral.

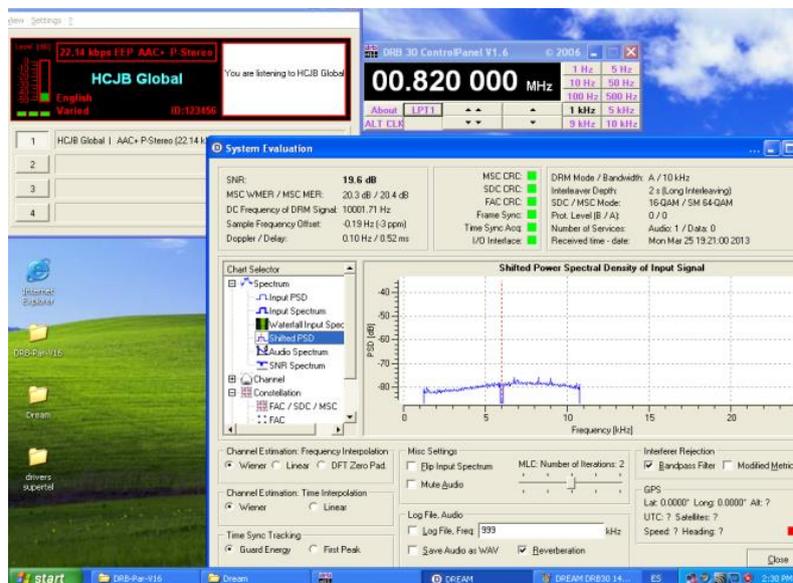


Figura 110 – ARCOTEL densidad espectral

Además, el objetivo de estas mediciones, es la evaluación de la calidad de recepción de la señal del sistema DRM, operando en la frecuencia 820 KHz, en distintos puntos de medición en la ciudad de Quito y zonas aledañas.

Tabla 39. Tabla de Pruebas DRM

Configuración de Pruebas DRM				
Modo OFDM	Constelación del Canal de datos	Entrelazado	Tasa de bits (Kb-s)	Min. SNR-UIT-R BS.1615 [3](dB)
A	16QAM	Short(0,4-0,6)	14,76	15,1

Fuente: ARCOTEL

La metodología de adquisición de medidas, se la realiza en puntos fijos, los parámetros de configuración de las pruebas son los presentes en el cuadro descrito anteriormente, las medidas se realizaron en cada localización por varios minutos sin interrupción para demostrar que el tiempo de variabilidad de los canales es corto en esta banda.

La calidad de la recepción del audio es un criterio fundamental para la evaluación de cobertura, por lo tanto se genera un cuadro de criterio subjetivo de calidad de la señal que se presenta a continuación:

Tabla 40. Tabla de comparación AM entre Calidad y Degradación de la Señal.

Criterio subjetivo de calidad de la señal AM			
Calidad		Degradación	
5	Excelente	5	Imperceptible
4	Buena	4	Perceptible
3	Razonable	3	Algo molesto
2	Insuficiente	2	Molesto
1	Mala	1	Muy molesto

Fuente: ARCOTEL

A continuación se presentan los resultados de calidad de la señal receptada en distintos puntos fijos de medición:

Tabla 41. Tabla de Mediciones de la Frecuencia de HCJB

Mediciones a la frecuencia 820 KHz			
Lugar	Fecha	Relación SNR (dB)	Criterio subjetivo de calidad
Quinche	31/10/2013	9,2	Insuficiente
San Fernando	13/11/2013	35,4	Excelente
Av. Simón Bolívar desvío Conocoto	13/11/2013	22,6	Buena
Cementerio Malchinguí	14/11/2013	12,4	Insuficiente
Cochasquí	14/11/2013	0,00	Mala
Vía Jerusalén Puéllaro	14/11/2013	12,4	Insuficiente
Vía Alóag Santo Domingo	27/11/2013	4,2	Mala
Puente de Jambelí	27/11/2013	10,3	Insuficiente
Aloasí parada del tren	27/11/2013	9,7	Insuficiente
Camino viejo a Conocoto	29/11/2013	27,7	Excelente
Línea Férrea cerca tanques Beaterio	29/11/2013	30	Excelente
Pasando Redondel de Tababela	29/11/2013	14,76	Razonable
Reservorio de Cumbayá	29/11/2013	17,4	Razonable
Estación de Policía Bellavista de Calderón	02/12/2013	15,2	Razonable
Barrio el Carmen de Papallacta	03/12/2013	10,1	Insuficiente
Iglesia de Píntag	03/12/2013	14,76	Razonable
Otón	03/12/2013	6,2	Insuficiente
Tolontag	03/12/2013	14,5	Razonable
Estadio de la Moya Conocoto	04/12/2013	24,7	Excelente
Sector Mira Sierra	10/12/2013	29,7	Excelente
Sector las Orquídeas	10/12/2013	26,8	Excelente
Reservorio Guangopolo	10/12/2013	27,5	Excelente
Sangolquí sector Selva Alegre	10/12/2013	22,3	Buena
Cumandá	11/12/2013	30,9	Excelente
Estación tren de Chimbacalle	11/12/2013	30,3	Excelente
Itchimbía	11/12/2013	25,6	Buena
Panecillo	11/12/2013	31,1	Excelente
Parque la Magdalena	11/12/2013	31,3	Excelente
Churo de la Alameda	17/12/2013	26,6	Excelente
Tanques de agua parque Metropolitano	17/12/2013	11,3	Insuficiente
Tambillo	07/01/2014	25,9	Buena
Gasolinera Vista Hermosa Pana Sur	09/01/2014	6,6	Mala

Fuente: ARCOTEL

ANEXO 6**ANEXOS DE LOS VALORES DE PRIORIZACIÓN POR SERVICIO Y CANTON
SUMINISTRADO POR ARCOTEL**

Tabla 42. Valores por Servicio ARCOTEL

PROVINCIA	CANTON	a2 (TV)	a1 (Radio)
AZUAY	CUENCA	0.91	0.98
AZUAY	GIRON	0.69	0.65
AZUAY	GUALACEO	0.82	0.86
AZUAY	NABON	0.69	0.79
AZUAY	PAUTE	0.82	0.86
AZUAY	PUCARA	0.12	0.79
AZUAY	SAN FERNANDO	0.09	0.50
AZUAY	SANTA ISABEL	0.69	0.79
AZUAY	SIGSIG	0.69	0.79
AZUAY	OÑA	0.09	0.50
AZUAY	CHORDELEG	0.69	0.79
AZUAY	EL PAN	0.09	0.50
AZUAY	SEVILLA DE ORO	0.12	0.50
AZUAY	GUACHAPALA	0.09	0.50
AZUAY	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	0.21	0.79
BOLIVAR	GUARANDA	0.69	0.91
BOLIVAR	CHILLANES	0.21	0.79
BOLIVAR	CHIMBO	0.21	0.79
BOLIVAR	ECHEANDIA	0.12	0.65
BOLIVAR	SAN MIGUEL	0.65	0.79
BOLIVAR	CALUMA	0.12	0.65
BOLIVAR	LAS NAVES	0.09	0.50
CAÑAR	AZOGUES	0.82	0.86
CAÑAR	BIBLIAN	0.21	0.79

CAÑAR	CAÑAR	0.69	0.86
CAÑAR	LA TRONCAL	0.65	0.86
CAÑAR	EL TAMBO	0.12	0.65
CAÑAR	DELEG	0.09	0.65
CAÑAR	SUSCAL	0.09	0.65
CARCHI	TULCAN	0.82	0.88
CARCHI	BOLIVAR	0.21	0.79
CARCHI	ESPEJO	0.12	0.65
CARCHI	MIRA	0.12	0.65
CARCHI	MONTUFAR	0.21	0.65
CARCHI	SAN PEDRO DE HUACA	0.09	0.65
COTOPAXI	LATACUNGA	0.82	0.86
COTOPAXI	LA MANA	0.65	0.86
COTOPAXI	PANGUA	0.21	0.79
COTOPAXI	PUJILI	0.65	0.86
COTOPAXI	SALCEDO	0.65	0.79
COTOPAXI	SAQUISILI	0.21	0.79
COTOPAXI	SIGCHOS	0.21	0.79
CHIMBORAZO	RIOBAMBA	0.91	0.88
CHIMBORAZO	ALAUSI	0.69	0.79
CHIMBORAZO	COLTA	0.65	0.79
CHIMBORAZO	CHAMBO	0.12	0.79
CHIMBORAZO	CHUNCHI	0.12	0.65
CHIMBORAZO	GUAMOTE	0.69	0.79
CHIMBORAZO	GUANO	0.69	0.79
CHIMBORAZO	PALLATANGA	0.12	0.79
CHIMBORAZO	PENIPE	0.09	0.50
CHIMBORAZO	CUMANDA	0.12	0.65
EL ORO	MACHALA	0.91	0.88
EL ORO	ARENILLAS	0.21	0.79
EL ORO	ATAHUALPA	0.09	0.50
EL ORO	BALSAS	0.09	0.50

EL ORO	CHILLA	0.09	0.50
EL ORO	EL GUABO	0.65	0.79
EL ORO	HUAQUILLAS	0.65	0.79
EL ORO	MARCABELI	0.09	0.50
EL ORO	PASAJE	0.82	0.86
EL ORO	PIÑAS	0.21	0.79
EL ORO	PORTOVELO	0.12	0.65
EL ORO	SANTA ROSA	0.69	0.86
EL ORO	ZARUMA	0.21	0.79
EL ORO	LAS LAJAS	0.09	0.50
ESMERALDAS	ESMERALDAS	0.82	0.98
ESMERALDAS	ELOY ALFARO	0.65	0.79
ESMERALDAS	MUISNE	0.65	0.79
ESMERALDAS	QUININDE	0.82	0.91
ESMERALDAS	SAN LORENZO	0.65	0.86
ESMERALDAS	ATACAMES	0.65	0.88
ESMERALDAS	RIOVERDE	0.21	0.79
ESMERALDAS	LA CONCORDIA	0.65	0.88
GUAYAS	GUAYAQUIL	1	0.98
GUAYAS	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	0.21	0.79
GUAYAS	BALAO	0.12	0.79
GUAYAS	BALZAR	0.65	0.88
GUAYAS	COLIMES	0.21	0.79
GUAYAS	DAULE	0.82	0.86
GUAYAS	DURAN	0.82	0.88
GUAYAS	EMPALME	0.69	0.79
GUAYAS	EL TRIUNFO	0.65	0.79
GUAYAS	MILAGRO	0.91	0.86
GUAYAS	NARANJAL	0.65	0.86
GUAYAS	NARANJITO	0.65	0.79
GUAYAS	PALESTINA	0.12	0.65

GUAYAS	PEDRO CARBO	0.65	0.79
GUAYAS	SAMBORONDON	0.69	0.86
GUAYAS	SANTA LUCIA	0.65	0.65
GUAYAS	SALITRE	0.65	0.79
GUAYAS	YAGUACHI	0.65	0.79
GUAYAS	PLAYAS	0.65	0.65
GUAYAS	SIMON BOLIVAR	0.21	0.65
GUAYAS	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	0.12	0.50
GUAYAS	LOMAS DE SARGENTILLO	0.21	0.79
GUAYAS	NOBOL	0.21	0.79
GUAYAS	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	0.12	0.79
GUAYAS	ISIDRO AYORA	0.12	0.79
IMBABURA	IBARRA	0.91	0.88
IMBABURA	ANTONIO ANTE	0.65	0.65
IMBABURA	COTACACHI	0.65	0.65
IMBABURA	OTAVALO	0.82	0.86
IMBABURA	PIMAMPIRO	0.21	0.65
IMBABURA	URCUQUI	0.21	0.79
LOJA	LOJA	0.82	0.88
LOJA	CALVAS	0.21	0.79
LOJA	CATAMAYO	0.21	0.65
LOJA	CELICA	0.12	0.65
LOJA	CHAGUARPAMBA	0.09	0.79
LOJA	ESPINDOLA	0.12	0.65
LOJA	GONZANAMA	0.12	0.65
LOJA	MACARA	0.21	0.79
LOJA	PALTAS	0.21	0.79
LOJA	PUYANGO	0.12	0.79
LOJA	SARAGURO	0.65	0.79
LOJA	SOZORANGA	0.12	0.79

LOJA	ZAPOTILLO	0.12	0.65
LOJA	PINDAL	0.09	0.79
LOJA	QUILANGA	0.09	0.50
LOJA	OLMEDO	0.09	0.50
LOS RIOS	BABAHOYO	0.91	0.86
LOS RIOS	BABA	0.65	0.79
LOS RIOS	MONTALVO	0.21	0.79
LOS RIOS	PUEBLOVIEJO	0.65	0.79
LOS RIOS	QUEVEDO	0.91	0.86
LOS RIOS	URDANETA	0.21	0.79
LOS RIOS	VENTANAS	0.65	0.86
LOS RIOS	VINCES	0.65	0.79
LOS RIOS	PALENQUE	0.21	0.79
LOS RIOS	BUENA FE	0.65	0.86
LOS RIOS	VALENCIA	0.69	0.79
LOS RIOS	MOCACHE	0.65	0.65
LOS RIOS	QUINSALOMA	0.21	0.65
MANABI	PORTOVIEJO	0.82	0.88
MANABI	BOLIVAR	0.65	0.65
MANABI	CHONE	0.82	0.86
MANABI	EL CARMEN	0.69	0.88
MANABI	FLAVIO ALFARO	0.21	0.79
MANABI	JIPIJAPA	0.65	0.79
MANABI	JUNIN	0.21	0.79
MANABI	MANTA	0.82	0.88
MANABI	MONTECRISTI	0.65	0.79
MANABI	PAJAN	0.21	0.79
MANABI	PICHINCHA	0.21	0.65
MANABI	ROCAFUERTE	0.21	0.65
MANABI	SANTA ANA	0.65	0.79
MANABI	SUCRE	0.65	0.79
MANABI	TOSAGUA	0.65	0.65

MANABI	24 DE MAYO	0.21	0.79
MANABI	PEDERNALES	0.65	0.65
MANABI	OLMEDO	0.09	0.65
MANABI	PUERTO LOPEZ	0.21	0.79
MANABI	JAMA	0.21	0.79
MANABI	JARAMIJO	0.21	0.65
MANABI	SAN VICENTE	0.21	0.79
MORONA SANTIAGO	MORONA	0.65	0.65
MORONA SANTIAGO	GUALAQUIZA	0.12	0.65
MORONA SANTIAGO	LIMON INDANZA	0.09	0.79
MORONA SANTIAGO	PALORA	0.09	0.65
MORONA SANTIAGO	SANTIAGO	0.09	0.79
MORONA SANTIAGO	SUCUA	0.21	0.65
MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA	0.09	0.65
MORONA SANTIAGO	SAN JUAN BOSCO	0.09	0.50
MORONA SANTIAGO	TAISHA	0.12	0.65
MORONA SANTIAGO	LOGROÑO	0.09	0.50
MORONA SANTIAGO	PABLO SEXTO	0.09	0.50
MORONA SANTIAGO	CANTON TIWINTZA	0.09	0.50
NAPO	TENA	0.69	0.88
NAPO	ARCHIDONA	0.21	0.79
NAPO	EL CHACO	0.09	0.65
NAPO	QUIJOS	0.09	0.50
NAPO	CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA	0.09	0.50
PASTAZA	PASTAZA	0.65	0.79
PASTAZA	MERA	0.21	0.65
PASTAZA	SANTA CLARA	0.09	0.50
PASTAZA	ARAJUNO	0.09	0.65
PICHINCHA	QUITO	0.91	0.98
PICHINCHA	CAYAMBE	0.65	0.86
PICHINCHA	MEJIA	0.65	0.88

PICHINCHA	PEDRO MONCAYO	0.65	0.65
PICHINCHA	RUMIÑAHUI	0.65	0.88
PICHINCHA	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	0.21	0.79
PICHINCHA	PEDRO VICENTE MALDONADO	0.21	0.65
PICHINCHA	PUERTO QUITO	0.21	0.79
TUNGURAHUA	AMBATO	0.82	0.91
TUNGURAHUA	BAÑOS DE AGUA SANTA	0.12	0.79
TUNGURAHUA	CEVALLOS	0.09	0.79
TUNGURAHUA	MOCHA	0.09	0.65
TUNGURAHUA	PATATE	0.12	0.65
TUNGURAHUA	QUERO	0.12	0.79
TUNGURAHUA	PELILEO	0.65	0.65
TUNGURAHUA	PILLARO	0.65	0.65
TUNGURAHUA	TISALEO	0.12	0.65
ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	0.21	0.79
ZAMORA CHINCHIPE	CHINCHIPE	0.09	0.79
ZAMORA CHINCHIPE	NANGARITZA	0.09	0.50
ZAMORA CHINCHIPE	YACUAMBI	0.09	0.50
ZAMORA CHINCHIPE	YANTZAZA	0.12	0.65
ZAMORA CHINCHIPE	EL PANGUI	0.12	0.65
ZAMORA CHINCHIPE	CENTINELA DEL CONDOR	0.09	0.50
ZAMORA CHINCHIPE	PALANDA	0.09	0.50
ZAMORA CHINCHIPE	PAQUISHA	0.09	0.50
GALAPAGOS	SAN CRISTOBAL	0.09	0.50
GALAPAGOS	ISABELA	0.09	0.50
GALAPAGOS	SANTA CRUZ	0.12	0.65
SUCUMBIOS	LAGO AGRIO	0.69	0.86
SUCUMBIOS	GONZALO PIZARRO	0.09	0.50
SUCUMBIOS	PUTUMAYO	0.12	0.50
SUCUMBIOS	SHUSHUFINDI	0.65	0.65

SUCUMBIOS	SUCUMBIOS	0.09	0.50
SUCUMBIOS	CASCALES	0.12	0.65
SUCUMBIOS	CUYABENO	0.09	0.50
ORELLANA	ORELLANA	0.65	0.79
ORELLANA	AGUARICO	0.09	0.50
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	0.65	0.65
ORELLANA	LORETO	0.21	0.79
SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO	0.82	0.91
SANTA ELENA	SANTA ELENA	0.69	0.88
SANTA ELENA	LA LIBERTAD	0.82	0.88
SANTA ELENA	SALINAS	0.82	0.79
ZONAS NO DELIMITADAS	EL PIEDRERO	0.09	0.50
ZONAS NO DELIMITADAS	LAS GOLONDRINAS	0.09	0.50
ZONAS NO DELIMITADAS	MANGA DEL CURA	0.21	0.79

Fuente: ARCOTEL

ANEXO 7

GRUPOS DE FRECUENCIAS PARA DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN EN EL TERRITORIO NACIONAL

TABLA 1. GRUPOS 1,2 y 3 de asignación frecuencias

GRUPO 1 [G1]		GRUPO 2 [G2]		GRUPO 3 [G3]	
Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]
1	88.1	2	88.3	3	88.5
7	89.3	8	89.5	9	89.7
13	90.5	14	90.7	15	90.9
19	91.7	20	91.9	21	92.1
25	92.9	26	93.1	27	93.3
31	94.1	32	94.3	33	94.5
37	95.3	38	95.5	39	95.7
43	96.5	44	96.7	45	96.9
49	97.7	50	97.9	51	98.1
55	98.9	56	99.1	57	99.3
61	100.1	62	100.3	63	100.5
67	101.3	68	101.5	69	101.7
73	102.5	74	102.7	75	102.9
79	103.7	80	103.9	81	104.1
85	104.9	86	105.1	87	105.3
91	106.1	92	106.3	93	106.5
97	107.3	98	107.5	99	107.7

Fuente: ARCOTEL

TABLA 2. GRUPOS 4,5 y 6 de asignación frecuencias

GRUPO 4 [G4]		GRUPO 5 [G5]		GRUPO 6 [G6]	
Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]
4	88.7	5	88.9	6	89.1
10	89.9	11	90.1	12	90.3
16	91.1	17	91.3	18	91.5
22	92.3	23	92.5	24	92.7
28	93.5	29	93.7	30	93.9
34	94.7	35	94.9	36	95.1
40	95.9	41	96.1	42	96.3
46	97.1	47	97.3	48	97.5
52	98.3	53	98.5	54	98.7
58	99.5	59	99.7	60	99.9
64	100.7	65	100.9	66	101.1
70	101.9	71	102.1	72	102.3
76	103.1	77	103.3	78	103.5
82	104.3	83	104.5	84	104.7
88	105.5	89	105.7	90	105.9
94	106.7	95	106.9	96	107.1
100	107.9				

Fuente: ARCOTEL

ANEXO 8

Estaciones de radiofrecuencia a nivel nacional.

Tabla 43. Tabla de la Base de datos SIRATV

Número de Estaciones Concesionadas por Provincia y por Tipo

Fuente: Base de datos SIRATV

Fecha de publicación: 20 de marzo del 2015

PROVINCIA	Comercial Privada	Servicio Público	Servicio Público Comunitario
Azuay	63	15	-
Bolívar	15	4	3
Cañar	26	2	-
Carchi	25	11	-
Chimborazo	48	12	-
Cotopaxi	10	3	-
El Oro	39	8	-
Esmeraldas	27	15	2
Galápagos	7	6	-
Guayas	55	7	-
Imbabura	26	10	2
Loja	54	14	-
Los Ríos	29	3	-
Manabí	57	20	-
Morona Santiago	24	6	2
Napo	16	3	-
Orellana	10	7	1
Pastaza	11	6	6
Pichincha	42	10	-
Santa Elena	39	5	-
Santo Domingo de los Tsáchilas	30	7	1
Sucumbios	16	12	3
Tungurahua	38	7	-
Zamora Chinchipe	13	3	-

Fuente: ARCOTEL