



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

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

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR
DRM COMO UNA HERRAMIENTA PARA UNA FUTURA PUESTA EN
OPERACIÓN DE ESTA TECNOLOGÍA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por

AMANDA VALERIA LARA SALAZAR

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2013-

Quiero agradecer en primer lugar a DIOS quien ha sido mi guía y por las bendiciones recibidas.

A mi madre quien ha sido mi inspiración y mi razón de vivir y luchar cada día por ser mejor.

A mi familia por apoyarme y motivarme en mis estudios.

Una gratitud especial a las Madres Marianitas quienes me brindaron todo su apoyo y colaboración para mi educación.

A mis amigos y conocidos que siempre tuvieron una frase de aliento para poder seguir adelante y culminar mis metas.

AMANDA LARA.

A mí querida madre quien ha sido mi principal razón de ser y de salir adelante; a ella por inculcarme valores y guiarme por el buen camino.

AMANDA LARA.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Ménes		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Wilson Baldeón		
DIRECTOR DE ESCUELA ING. EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Paul Romero		
DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Wilson Baldeón		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez		
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____

NOTA DE LA TESIS: _____

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Yo, Amanda Valeria Lara Salazar, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Amanda Valeria Lara Salazar

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AAC	Advanced Audio Coding (Codificación de Audio Avanzada).
AF	Audio Frecuencia.
AM	Amplitud Modulada.
BER	Bit Error Rate (Relación de Errores de Bit).
BLU	Banda Lateral Única
BLV	Side Band Vestigial (Banda Lateral Vestigial).
CELP	Code Excited Linear Prediction (Código excitado de predicción lineal).
CDMA	Code Division Multiple Access (Multiplexación por División de Código).
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Codificada).
DAB	Digital Audio Broadcasting (Radiodifusión de Audio Digital).
DRM	Digital Radio Mondiale (Radio Digital Mundial).
DSB-FC	Double Side Band Full Carrier (Doble Banda Lateral con Portadora de Máxima Potencia).
DSB-SC	Double Side Band Suppressed Carrier (Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida).
DTF	Transformada Discreta de Fourier.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones).
FAC	Fast Access Channel (Canal de Acceso Rápido).
FCC	Federal Communications Commission (Comisión Federal de Comunicaciones).
FDM	Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División de Frecuencia).
FEC	Forward Error Correction (Corrección de Errores hacia Adelante).
FIC	Fast Information Channel (Canal de Información Rápido).
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global).
HCJB	Hoy Cristo Jesús Bendice (Estación Radio La Voz de los Andes).
HD	High Definition (Alta Definición).
HF	High Frequency (Altas Frecuencias).
HVXC	Harmonic Vector eXcitation Coding (Codificación de Excitación Armónica de Vector).
IBOC	In-band on-channel (Canal Dentro de Banda es un Sistema de Broadcast Digital).
IDFT	Transformadas Inversas de Fourier Discretas.

IEC	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).
IF	Intermediate Frequency (Frecuencia Intermedia).
IFFT	Transformada Rápida de Fourier.
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting (Radiodifusión Digital de Servicios Integrados (Japón)).
ISDN	Integrated Services Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados).
ISI	Interferencia Intersimbólica.
ITU	International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones).
LF	Low Frequency (Bajas Frecuencias).
MCI	Multiplex Configuration Information (Información de Configuración del Múltiplex).
MCS	Multiple Channel Simulcast (Multicanal Simulcast).
MF	Medium Frequency (Medias frecuencias).
MFN	Multiple Frequency Network (Redes Multifrecuencia).
MPA	Main Program Audio Service (Servicio de Audio de Programa Principal).
MPEG	Moving Pictures Experts Group (Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento).
MPEG-1	Moving Picture Experts Group Phase 1 (Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento 1).
MPEG-2	Moving Picture Experts Group Phase 2 (Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento 2).
MPS Data	Main Program Data Service (Servicio de Datos de Programa Principal).
MSC	Main Service Channel (Canal de Servicio Principal).
OC	Onda Corta.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal).
OL	Onda Larga.
OM	Onda Media.
PAD	Program Associated Data (Datos de Programa Asociado).
PAM	Pulse Amplitude Modulation (Modulación por Amplitud de Pulso).
PCM	Pulse Code Modulation (Modulación por Impulsos Codificados).
QAM	Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de Amplitud en Cuadratura).
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying (Modulación por Desplazamiento de Fase).
RF	Radio Frecuencia.
SBR	Spectral Band Replication (Relación de la Banda Espectral).

SCE	Service Component Encoder (Codificador de Componente de Servicio).
SCS	Single Channel Simulas (Canal Único Simulcast).
SDC	Service Description Channel (Canal de descripción de servicio). Service Distribution Interface (Interfaz de Distribución de Servicio).
SDI	
SFN	Single Frequency Network (Redes de Frecuencia Única).
SNR	Relación Señal Ruido.
SSB-SC	Single Side Band Suppressed Carrier (Banda lateral única con portadora suprimida).
TT	Trama de Transmisión
VHF	Very High Frequency (Muy Alta Frecuencia).
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio (Relación de Onda estacionaria).

ÍNDICE

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FÓRMULAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL..... 20

 INTRODUCCIÓN..... 20

 1.2. ANTECEDENTES 21

 1.3. JUSTIFICACIÓN 23

 1.4. OBJETIVOS 24

 1.4.1. OBJETIVO GENERAL 24

 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 25

 1.5. HIPÓTESIS 25

 Variable independiente 25

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO 26

 2.1. INTRODUCCIÓN..... 26

 2.2. LA RADIODIFUSIÓN 27

 2.3. HISTORIA DE LA RADIODIFUSIÓN 28

 2.4. TRANSMISIÓN POR RADIO..... 29

 2.5. RADIODIFUSIÓN SONORA..... 30

 2.5.1. Clasificación de las Estaciones de Radiodifusión 30

2.5.2. Sistema de Radiodifusión	30
2.5.3. Frecuencias Auxiliares de Radiodifusión	31
2.5.4 Servicios de Radiodifusión	32
2.6. RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA	32
2.6.1 Elementos de la Radiodifusión.....	33
2.6.2. Espectro Electromagnético	34
2.6.3. Espectro Radioeléctrico	34
2.7. BANDA DE FRECUENCIAS.....	35
2.7.1. Ancho de Banda	36
2.8. TECNOLOGÍAS DE LA RADIODIFUSIÓN	36
2.8.1. Radiodifusión AM	38
2.8.2. Radiodifusión FM	44
2.8.3. Radiodifusión De Onda Corta	48
2.8.4. Ventajas de FM sobre AM.....	49
2.8.5. Limitaciones AM y FM.....	50
2.9. SITUACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ACTUAL EN RIOBAMBA	52
2.9.1. Introducción	52
2.9.2. Frecuencias Asignadas en Riobamba.....	53
2.10. RADIODIFUSIÓN DE AUDIO DIGITAL	55
2.10.1. Digitalización	55
2.10.2. Transmisión de audio digital	56
2.10.3. Multiplicación por División de Frecuencia Ortogonal Codificada... 61	
CAPITULO III	
SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL (Digital Radio Mondiale)	64
3.1. INTRODUCCIÓN.....	64
3.2. DESARROLLO DEL ESTÁNDAR.....	65
3.3. EL ESTÁNDAR DRM.....	66
3.3.1. Requerimientos DRM.....	68
3.3.2. Características Generales Sistema DRM.....	70
3.3.3. Arquitectura DRM.....	71
3.4. MULTIPLEX DRM	75
3.4.1. Frecuencias Alternativas	77

3.5. MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CANAL.....	78
3.5.1. Modos del Sistema DRM	80
3.5.2. Estructura de transmisión de la supertrama DRM.....	83
3.6. INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN.....	85
3.6.1. Proveedor de contenidos DRM	86
3.6.2. Multiplexor DRM.....	87
3.6.3. El Transmisor	88
3.6.4. Sistemas de la Antena.	89
3.6.5. Supervisión del transmisor.....	90
3.6.6. Receptores.....	90
3.7. OTROS SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN	92
3.7.1. Redes de Frecuencia Única (SFN)	92
3.7.2. Redes Multifrecuencia (MFN)	93
3.7.3. Simulcast	94
CAPITULO IV	
SERVICIOS DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL Y SU REGULACIÓN	97
4.1 INTRODUCCIÓN.....	97
4.2. PRINCIPIOS DE LA RADIODIFUSIÓN Y ALCANCES.....	98
4.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN EN EL PAÍS.	99
4.3.1. Problemas de la Radiodifusión Analógica.....	100
4.3.2. Análisis Espectro de Frecuencias	100
4.4. SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL.....	101
4.4.1. DRM tecnología para la sociedad	104
4.5. PRUEBAS DRM	105
4.5.1. Fases de pruebas.	106
4.5.2. DRM en el Mundo	109
4.6. DIVERSIDAD DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL DRM .	112
4.6.1. Servicios de audio.....	113
4.6.2. Servicios de datos.....	113
4.7. APLICACIONES DE DATOS.....	114
4.7.1. Fiabilidad de Servicio	115

4.8. ESTANDARIZACIÓN.....	115
4.9. DRM RESPECTO DE OTROS ESTÁNDARES.....	117
CAPITULO V	
PROPUESTA TÉCNICA PARA MPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR DRM	120
5.1 ASPECTO TÉCNICO	120
5.2. INTRODUCCIÓN.....	121
5.3. SERVICIOS A TRAVÉS DE ONDAS CORTA, MEDIA Y LARGA	122
5.4. PROPUESTA DE NORMA TÉCNICA PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL (DRM).....	122
5.4.1. Bandas de Transmisión	123
5.4.2. Canalización de la Banda.	124
5.4.3. Grupos de Frecuencias.....	125
5.4.4. Distribución de Frecuencias.....	125
5.4.5. Distancia Mínima entre Frecuencias.....	126
5.4.6. Área de Servicio.....	126
5.4.7. Asignación de frecuencias.	127
5.4.8. Características Técnicas.....	128
5.4.9. Relaciones de Protección para la radiodifusión DRM.	131
5.4.10. Sistema de transmisión.....	134
5.5. INTRODUCCIÓN DE DRM PARA FM.....	139
5.5.1. Características DRM+	139
5.6. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR DRM	140
5.7. PLANIFICACIÓN DE LA COBERTURA QUE SERÁ PARA ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.....	142
5.7.1 Descripción de Transmisión.....	143
5.7.2 Estructura de Equipamiento de una Radiodifusora	144
5.7.3. Sistema de Enlaces	150
CAPÍTULO VI	
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECÒNOMICA PARA LA MIGRACIÒN A RADIO DIGITAL	160
6.1 INTRODUCCIÒN.....	160
6.2. TRANSICIÒN DE LA RADIODIFUSIÒN ANALÒGICA A LA DIGITAL	161

6.3. DRM EN EL MERCADO.....	161
6.4. COSTOS DRM	162
CAPÍTULO VII	
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	166
7.1 DETERMINACIÓN DE RESULTADOS.....	166
7.1.1. Encuestas Aplicadas.....	167
7.1.2. Análisis de Resultados.....	170
CAPÍTULO VIII	
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
RESUMEN	
SUMMARY	
GLOSARIO	
CAPITULO IX	
BIBLIOGRAFÍA	
BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II. 1. SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN.....	32
FIGURA II. 2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	33
FIGURA II. 3. MAPA DE REGIONES SEGÚN LA UIT.....	34
FIGURA II. 4. PROPAGACIÓN POR ONDA DE SUPERFICIE.....	39
FIGURA II. 5. PROPAGACIÓN POR ONDA IONOSFÉRICA.....	39
FIGURA II. 6. PROCESO DE MODULACIÓN AM.....	41
FIGURA II. 7. DESCRIPCIÓN DE LAS BANDAS DE FM.....	46
FIGURA II. 8. PROCESO DE MODULACIÓN FM.....	48
FIGURA II. 9. FRECUENCIAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.....	53
FIGURA II. 10. PROCESO DE LA CUATIZACIÓN.....	60
FIGURA II. 11. PROCESO DE LA CODIFICACIÓN.....	61
FIGURA III. 12. LOGO CONSORCIO DRM.....	65
FIGURA III. 13. ARQUITECTURA SISTEMA DRM.....	71
FIGURA III. 14. SÍMBOLOS OFDM.....	80
FIGURA III. 15. REPRESENTACIÓN DE UN EMISOR PARA SEÑAL DIGITAL Y AM.....	83
FIGURA III. 16. ESTRUCTURA DE LA SUPERTRAMA DRM.....	84
FIGURA III. 17. INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DRM.....	86
FIGURA III. 18. MÁSCARA ESPECTRAL Y DRM.....	89
FIGURA III. 19. PROCESAMIENTO DEL RECEPTOR DRM.....	91
FIGURA III. 20. SIMULACIÓN DE REDES SFN.....	93
FIGURA III. 21. EFECTO SIMULCAST PARA RECEPTORES MÓVILES.....	95
FIGURA III. 22. DIAGRAMA DE OPCIONES DE SIMULCAST A 10 KHZ.....	96
FIGURA IV. 23. TABLA COMPARATIVA DE ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL.....	119
FIGURA V. 24. DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE AM PARA RADIODIFUSIÓN DIGITAL.....	124
FIGURA V. 26. SISTEMA DE ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN DRM.....	144
FIGURA V. 27. PROVEEDOR DE CONTENIDOS DRM.....	146
FIGURA V. 28. MODULADOR DRM TELEFUKEN.....	146
FIGURA V. 29. TRANSMISOR DRM+.....	147
FIGURA V. 30. EXCITADOR DRM.....	147
FIGURA V. 31. TRANSMISOR DRM.....	148
FIGURA V. 32. RECEPTORES DRM.....	149
FIGURA V. 33. ENLACE LA VOZ DE RIOBAMBA – LA MIRA.....	151
FIGURA V. 34. ANTENA DE RADIO MICROONDA.....	152
FIGURA V. 35. PERFIL TOPOGRÀFICO.....	152

FIGURA V. 36. ENLACE ESTUDIO TRANSMISOR.	154
FIGURA V. 37. COBERTURA DE LA SEÑAL.	154
FIGURA V. 38. RADIACIÓN OMNIDIRECCIONAL.	155
FIGURA V. 39. ENLACE RADIO MUNDIAL-CERRO CACHA.	156
FIGURA V. 40. ENLACE ESTUDIO-TRANSMISOR.	157
FIGURA V. 41. COBERTURA DE LA SEÑAL.	157
FIGURA V. 42. ANTENA TIPO RADIADOR.	158
FIGURA V. 43. RADIACIÓN ELIPTICA.	159
FIGURA VII. 44. DIAGRAMA DE VALORES PREGUNTA 1.	168
FIGURA VII. 45. DIAGRAMA DE VALORES PREGUNTA 2.	169

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II. I. BANDA DE FRECUENCIAS	35
TABLA II. II. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BANDA AM.	42
TABLA II. III. FRECUENCIAS ASIGNADAS Y ANCHOS DE BANDA DE OPERACIÓN EN RIOBAMBA	54
TABLA II. IV. TASAS O FRECUENCIAS DE MUESTREO MÁS UTILIZADAS PARA AUDIO DIGITAL.	58
TABLA III. V. MODOS DE TRANSMISIÓN Y MODULACIONES.	79
TABLA III. VI. SÍMBOLOS OFDM DE LOS MODOS DE TRANSMISIÓN DRM.	81
TABLA III. VII. BANDAS DE PROPAGACIÓN SEGÚN LOS MODOS DRM.	82
TABLA V. VIII. MODOS DE ROBUSTEZ DRM.	129
TABLA V. IX. NIVELES DE PROTECCIÓN SEGÚN LA MODULACIÓN.	130
TABLA V. X. PARÁMETROS DEL ESTÁNDAR DRM+ PARA FM.	140
TABLA V. XI. PUNTOS PARA ENLACE DE MICROONDA PARA ESTACIÓN AM.	151
TABLA V. XII. PARÁMETROS TÉCNICOS.	153
TABLA V. XIII. PUNTOS PARA ENLACE DE MICROONDA PARA ESTACIÓN FM.	155
TABLA V. XIV. PARÁMETROS TÉCNICOS.	156
TABLA VI. XV. COSTOS SISTEMA DE TRANSMISIÓN.	162
TABLA VI. XVI. COSTOS SISTEMA MICROONDA.	163
TABLA VI. XVII. COSTO TOTAL ESTACIÓN HÍBRIDA.	163
TABLA VI. XVIII. COSTO TOTAL ESTACIÓN HÍBRIDA.	164
TABLA VI. XIX. COSTO RECEPTORES.	165
TABLA VII. XX. VALORES PREGUNTA 1.	168
TABLA VII. XXI. VALORES PREGUNTA 2.	169
TABLA VII. XXII. VALORACIÓN ASPECTOS ANALIZADOS.	170
TABLA VII. XXIII. VALORES OBTENIDOS DE FRECUENCIA ESPERADA.	171
TABLA VII. XXIV. VALOR CHI CUADRADO.	172

ÍNDICE DE FÓRMULAS

FÓRMULA II. 1. SEÑAL PORTADORA AM.....	37
FÓRMULA II. 2. ÍNDICE DE MODULACIÓN AM	41
FÓRMULA II. 3. ANCHO DE BANDA FM.	47
FÓRMULA II. 4. ÍNDICE MODULACIÓN FM.	48
FÓRMULA VII. 5. MUESTRA DE UNA POBLACION.....	167
FÓRMULA VII. 6. PROBABILIDAD DE CONFIANZA.	167
FÓRMULA VII. 7. GRADOS DE LIBERTAD.	171
FÓRMULA VII. 8. FRECUENCIA ESPERADA.....	171
FÓRMULA VII. 9. CHI CUADRADO.	171

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las transmisiones en nuestro país son analógicas pero es cuestión de tiempo para que progresivamente se dé un cambio de la tecnología analógica a la digital en la radiodifusión tanto sonora como audiovisual para radio y televisión cambio que ayudará al país y a los ciudadanos a tener nuevas y mejores oportunidades permitiendo a los usuarios finales tener la posibilidad de acceso a mayores prestaciones de servicios de buena calidad y de capacidad interactiva.

Con los cambios tecnológicos que hoy por hoy se presentan es inevitable que en la actualidad la radiodifusión este experimentando una revolución, el giro de tecnología analógica a digital y que se da tanto en producción, transmisión y recepción lo que da lugar a que se produzca un cambio completo del sistema de la radiodifusión siendo así la digitalización la responsable de traer nuevas oportunidades y acceso al mundo tecnológico.

Además de que la opción de cambiar al sistema de radiodifusión digital permitirá que sectores de población donde no se tenía acceso a esta tecnología ahora la tengan uniendo de esta manera las masas y llegando cada vez a más gente y proveyendo de comunicación a más consumidores. Tal vez el cambio al principio sea un poco lento por el hecho de adquirir nuevos equipos de recepción y de transmisión tanto para la radiodifusora como para el radioescucha pero se espera paulatinamente el acceso a estos dispositivos sea de un manera que facilite la adquisición de los mismos logrando así obtener la satisfacción esperada para todos.

En muchos países el cambio tecnológico ya se ha dado obteniendo buenos resultados y mejorando la calidad de los servicios prestados, por lo cual el Ecuador está analizando el proceso de migración a lo digital el primer paso a darse será para la televisión pero la radiodifusión sonora no puede quedarse atrás, por dicha razón el presente estudio pretende de alguna manera colaborar

con el direccionamiento más rápido y oportuno del denominado apagón analógico.

Cabe indicar que muchas radiodifusoras a nivel nacional ya se encuentran emitiendo sus programas radiales a través de portales web donde la emisión se realiza digitalmente con el primer estándar creado Digital Audio Broadcasting pero la tecnología avanza y hoy en día existen estándares que mejoran características de transmisión y de recepción permitiendo que el cambio no afecte de manera gradual ya que es posible la compatibilidad con los sistemas existentes análogos, es cuestión de tiempo para que en nuestro país se presente el cambio, a partir de ello en nuestra ciudad se adoptará el sistema digital más conveniente frente a estos aspectos analizando todos y cada uno de las prestaciones y de las mejoras para con la radiodifusión que abarca a casi el 100% de la población en el mercado comercial, educativo, cultural y social.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo hace referencia a la importancia de la radiodifusión en el país, la necesidad de migración de la transmisión analógica a digital y la razón por la que se ha optado por el estudio del estándar de radio DRM para futura implementación en la ciudad de Riobamba, se describen los motivos por los que se ha desarrollado en presente trabajo, se detalla los objetivos principales del estudio, y se plantea la hipótesis para un mejor desarrollo del tema propuesto.

1.2. ANTECEDENTES

Una de las invenciones más importantes del siglo XX, fueron los sistemas analógicos de radiodifusión sonora y de televisión, dando paso en los últimos años al surgimiento de la radiodifusión digital. Ya se ha iniciado con la migración de las técnicas analógicas a las digitales y es posible contar con varias opciones de migración. Esto plantea cuestiones que van mucho más allá que un simple análisis técnico. En efecto, a la vista del papel que desempeña la televisión y la radio en la sociedad moderna, la transformación mencionada será un proceso complejo y con repercusiones económicas, sociales y políticas.

En el Ecuador la radiodifusión es un servicio de importante interés económico, social y cultural, razón por la cual se ha convertido en uno de los sistemas que mayor uso y adeptos tiene, razón por la cual se ha llegado a saturar el espectro radioeléctrico, de igual manera el crecimiento de las radiodifusoras y la gran demanda de radioescuchas hace que cada vez se creen nuevas necesidades en este medio.

La radiodifusión digital se crea como respuesta a la necesidad de transmitir señales de audio de mejor calidad, optimizar el espectro y crear nuevas técnicas de transmisión. Evidentemente nos encontramos frente a un cambio de analógico a digital; en el caso de la radio existen sistemas como el Eureka - 147, IBOC y DRM.

En la actualidad, la digitalización está presente en todo lo que alguna vez fue analógico como por ejemplo la telefonía; pues permite dar nuevos y mejores servicios a los usuarios, además permite que se cree una convergencia a través de distintos tipos de redes. La radiodifusión no es la excepción y actualmente se encuentra digitalizada en todos los países desarrollados.

DRM es un estándar no propietario, tiene un bajo consumo de energía y nuevos servicios de valor agregado, este sistema se está desarrollando a nivel de Latinoamérica en países como Brasil y México y se ubica en la digitalización de frecuencias de radiodifusión bajo los MHz por lo tanto utiliza las mismas frecuencias que tenemos actualmente. A través este sistema se crean nuevos

servicios ya que se logra transmitir contenidos de datos (texto, imágenes, multimedia, HTTP, HTML) también existe una radiodifusión de datos IP, interactividad, portabilidad, e integración con varias aplicaciones. Una de las típicas es la de SIMULCAST que transmite de manera simultánea el mismo programa en analógico y digital es una opción de particular interés para los radiodifusores.

Una de las ventajas más relevantes de introducir el sistema DRM a nuestro medio, será la movilidad con la que se obtendría una mejor calidad de recepción; sin duda alguna se habla de una mejora de calidad de audio de extremo a extremo con la reutilización de la infraestructura existente o mejora de la misma.

Las inversiones iniciales para implementar el sistema DRM son altas y están a cargo de los organismos estatales que sacan a licitación la concesión de frecuencias. Eureka 147 está en investigación por países sudamericanos como Argentina, México y Brasil como una nueva opción por el gran descongestionamiento en el espectro que han sufrido las principales ciudades y capitales de estos países, lo mismo que ocurre con el Ecuador en estos días.

La tendencia a la mejora que se ha producido en el sector de la radiodifusión obedece al surgimiento y explotación de nuevas tecnologías.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El servicio de radiodifusión sonora es uno de los servicios más saturados en el país y de manera particular en nuestra ciudad; debido a su capacidad de llegar hasta a los lugares más remotos y brindar el acceso y servicio a los ciudadanos.

El paso del mundo analógico al digital afecta a todos los eslabones en la cadena de valor de la radiodifusión, esto es, al contenido, la producción, la transmisión y la recepción, puesto que habrá que mejorar técnicamente en todos estos aspectos para que puedan soportar radiodifusión digital. Es importante recordar que, como en muchas otras industrias, los cambios que se han producido en el sector de radiodifusión obedecen al surgimiento y explotación de nuevas tecnologías, que, a su vez, se basan en la demanda de las empresas. Las fuerzas del mercado y la demanda de los consumidores impulsarán con el tiempo la digitalización de la radiodifusión.

Este trabajo busca investigar varios aspectos técnicos y económicos que se mueven dentro de un sistema de radiodifusión, ventajas y desventajas de los medios, sus fortalezas o debilidades, así como la inversión y su rentabilidad, en base a equipos, tecnologías empleadas y medios de transmisión.

Esta investigación parte del hecho que existen cambios tecnológicos que cambiaron el mundo de las comunicaciones y por lo tanto la radio debe repensar sus posibilidades, potencialidades y posturas en este nuevo marco. Con esta realidad, es impensable no incluir a la radiodifusión en las estrategias nacionales de Sociedad de la Información.

Son muchas las personas que hoy en día se benefician de las posibilidades del medio para hacer llegar la labor formativa (colegios, institutos, universidades) a lugares inaccesibles de nuestro país a los que es mucho más fácil, económicamente y viable utilizar la radiodifusión como medio de comunicación.

Un adecuado estudio de lo que representa la radio analógica como digital hoy en día, así como sus tendencias, daría a la ciudad una herramienta adecuada para el desarrollo de un proyecto de radiodifusión con visión hacia el futuro ya que estamos en la tendencia de seguir hacia una nueva generación.

El motivado de interés en el tema es debido a la gran influencia de lo digital frente a lo analógico, además de una cierta afinidad por el estudio de la digitalización y modos de transmisión. Además existe una asesoría experta relacionada directamente con el tema.

Se ha hecho un análisis del impacto más próximo que tendrá nuestro país, como será el apagón analógico (televisión analógica) entonces es necesario estudiar, analizar e investigar cuales serían sus posibles causas y efectos sobre nuestro medio.

Los aspectos fundamentales a ser tomados en cuenta en el siguiente proyecto estarán relacionados directamente con la ciudad; en donde se analizará la situación actual del servicio de radiodifusión sonora analógica, el empleo del espectro radioeléctrico; el estudio de las características del estándar DRM y las ventajas que brinda el transmitir el contenido del programa de audio o datos en formato digital, trabajando asignación de frecuencias actuales; un análisis de la regulación de este servicio en países donde se ha implantado la radio digital o donde se están llevando a cabo pruebas de transmisión, el estudio de la norma técnica para la regulación del servicio de radiodifusión digital y un análisis económico del costo que implica para los radiodifusores y oyentes la migración. El estudio es viable ya que se cuenta con todo el material bibliográfico disponible para la investigación y es un tema de actualidad en las telecomunicaciones.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta que facilite una futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Profundizar en los conceptos de transmisiones analógicas, espectro radioeléctrico y el estándar DRM como un mecanismo de comprensión
- Hacer una comparación de las técnicas de transmisión analógica versus las técnicas de transmisión digital en radiodifusión.
- Establecer una correcta planificación de frecuencias del espectro radioeléctrico para una futura implementación del estándar DRM en la ciudad de Riobamba.

1.5. HIPÓTESIS

Variable independiente

Estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM

Variable dependiente

Futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba

El estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM será una herramienta que facilite una futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el funcionamiento de la radiodifusión sonora analógica, los sistemas de transmisión, bandas de frecuencia sobre las que se actualmente se trabaja haciendo una descripción detallada de la tecnología y un análisis de mejoramiento futuro para la radiodifusión digital.

Además se detallan la situación de la radiodifusión actual en el país como en la ciudad de Riobamba.

2.2. LA RADIODIFUSIÓN

La radiodifusión es un sistema de información a distancia, que permite que la información sea transmitida por medio de ondas radioeléctricas desde un punto hacia otro punto que se encuentra distante, destinada a un público masivo, anónimo, y que además se presenta esparcido a lo largo de un territorio. La emisión de las señales de radio se caracteriza por ser de difusión esto se refiere a que un existe un único emisor para múltiples receptores y unidireccional con este únicamente existe comunicación desde el emisor al receptor, sin posibilidad de enviar información en sentido contrario. En las transmisiones analógicas se tiene problemas de degradación de la señal, acumulación de ruido y distorsiones en cada una de las etapas por las que va pasando, la digitalización permite que la señal sufra menos degradación y se corrija las distorsiones que puedan alterar la información.

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

La ventaja más grande que tiene la radiodifusión es el bajo costo que presenta, la fácil accesibilidad a él, y la comunicación que se da entre los oyentes en tiempo real. Es el medio de más utilización en la ciudad debido a la complejidad que presenta la accesibilidad de la televisión para algunas zonas urbanas todavía.

El sistema de radiodifusión en el Ecuador es analógico, tanto en las bandas de AM como de FM, donde la onda radial que transporta el sonido original, la

música y la voz de un locutor puede verse sometido a interferencias atmosféricas o de otros equipos eléctricos, también pueden verse distorsionadas por aspectos topográficos del terreno o los grandes edificios. Por estas razones en concordancia con el desarrollo tecnológico se debe empezar a migrar hacia el nuevo sistema de radiodifusión digital.

2.3. HISTORIA DE LA RADIODIFUSIÓN

Antes de la llegada de la radio en el Ecuador, esto es en los años veinte, la comunicación a distancia era por medio del telégrafo. La radiodifusión ecuatoriana nació como una comunicación de radioaficionados. La familia Cordovéz fue la pionera en lanzar una radiodifusora cuyo nombre fue Radio El Prado en honor a la fábrica textil que pertenecía a dicha familia en la ciudad de Riobamba. Radio El Prado emitió por primera vez el 13 de junio de 1929, en los 45.31 m. (6621.055 MHz). Los equipos que se utilizaron para esta emisora eran de baja potencia con el fin de transmitir y receptar mensajes.

En 1929 se fundó la radio experimental estatal HCIDR que en 1932 se convirtió en HCK comenzando a difundir en AM (amplitud modulada) con un equipo Collins de 250W, y en onda corta (OC) en los 49 m.

En la década de los treinta además de las mencionadas anteriormente se contaba con las siguientes emisoras: Radio La Voz de Imbabura (1935), Radio Bolívar (1936) y Radio Colón (1938.)

Dos décadas después, en los años cincuenta, el desarrollo de los transistores inicio un nuevo rostro en la radio del Ecuador, gracias a la incorporación de receptores en los vehículos.

La aparición del sistema FM (frecuencia modulada) hizo que en la década de los setenta la radio se encontrara en la cima de su apogeo. Gracias a FM, los enlaces con línea física quedaron atrás.

Para principios de esta década, el Ecuador ya contaba con 135 estaciones de radio.

Una década más tarde, más y más emisoras aparecieron, hasta un número que doblaba a las estaciones de radio de una década anterior, 271 estaciones de radio; también el sonido fue mejorando considerablemente y llegó al Ecuador el sonido estéreo que produjo más radioaficionados satisfechos por el servicio. La

década de los setentas fue muy importante para el avance tecnológico de la radiodifusión, pues existe ya la posibilidad de transmitir al exterior mediante el uso de los satélites.

En la actualidad, la saturación del espectro en FM, ha creado la necesidad de la aparición de una nueva tecnología, con el fin de satisfacer la demanda de los ciudadanos.

2.4. TRANSMISIÓN POR RADIO

Las ondas de radio son ondas electromagnéticas a las cuales se les confiere tres ventajas importantes:

- No es necesario un medio físico para su propagación, ya que las ondas electromagnéticas pueden propagarse inclusive en el vacío.
- Objetos opacos a la vista son transparentes a las ondas electromagnéticas.
- La velocidad es la misma que la de la luz (300000 Km/s).

Sin embargo las ondas electromagnéticas se atenúan con la distancia, de igual forma y en la misma propagación que las ondas sonoras pese a este inconveniente es posible minimizar este efecto usando una potencia elevada en la generación de la onda.

Las ondas de radio son generadas aplicando una corriente alterna de radiofrecuencia a una antena, es un conductor eléctrico de características especiales que debido a la acción de la señal aplicada genera campos magnéticos y eléctricos variables a su alrededor, produciendo la señal de radio en forma de ondas electromagnéticas.

Estas ondas se transmiten desde un punto central de forma radial y en todas las direcciones.

2.5. RADIODIFUSIÓN SONORA

La radiodifusión sonora es el servicio de radiocomunicaciones cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general.

Una estación de radiodifusión es un transmisor con su antena e instalaciones, necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión en un área de operación autorizada por el ente regulador respectivo.

2.5.1. Clasificación de las Estaciones de Radiodifusión

Las estaciones de radiodifusión y televisión se clasifican en las siguientes:

- Estaciones Públicas
- Estaciones Comerciales Privadas
- Estaciones Comunes

Públicas: son las destinadas al servicio colectivo, sin fines de lucro y no pueden cursar publicidad comercial de ninguna naturaleza.

Comerciales Privadas: son las que tienen el capital privado, funcionan con publicidad pagada y persiguen fines de lucro.

Comunes: son las que nacen de una comunidad u organización indígena, afroecuatoriana, campesina o cualquier otra organización social y su labor está orientada al fortalecimiento de la comunidad y a la consolidación intercultural y social.

2.5.2. Sistema de Radiodifusión

Es el conjunto de una estación matriz y sus repetidoras que emiten simultáneamente la misma programación con carácter permanente, incluidas las frecuencias auxiliares de radiodifusión.

2.5.2.1. Estación Matriz

La estación matriz es aquella que origina la programación generada en su propio estudio y que dispone de tres instalaciones básicas:

Estudios: que pueden ser estudios de locución, donde se genera la programación que ha de difundirse al aire; estudios de grabación que sirven para editar programas que no salen en vivo, generar cuñas publicitarias, añadir efectos especiales; estudios remotos que se utilizan para generar entrevistas en exteriores, coberturas de eventos deportivos y programas que se transmiten desde fuera de la radio.

Sistema de transmisión: es un conjunto de elementos interconectados que se utiliza para transmitir una señal de un lugar a otro y en diferentes sentidos. La señal transmitida puede ser eléctrica, óptica o de radiofrecuencia.

Enlace estudio-transmisor: se refiere al enlace principal que va desde la estación de estudio hacia un sector de transmisión.

2.5.2.2. Estación Repetidora

La estación repetidora es aquella que recepta la totalidad de la programación de la estación matriz y la transmite simultáneamente para ser recibida por el público en general.

2.5.3. Frecuencias Auxiliares de Radiodifusión

Son las frecuencias atribuidas a los servicios fijo y móvil, necesarias para la operación y funcionamiento de las estaciones y sistemas de radiodifusión; estas frecuencias corresponden a los enlaces radioeléctricos entre estudio y transmisor, enlaces radioeléctricos terrestres y enlaces de conexión ascendente y descendente satelitales y entre estaciones repetidoras, cuyo objetivo principal es llevar la programación desde la estación matriz hacia las repetidoras, logrando de esta manera cubrir y ampliar las mismas. En la figura II. 1 se indica el diagrama de un sistema completo de la radiodifusión:

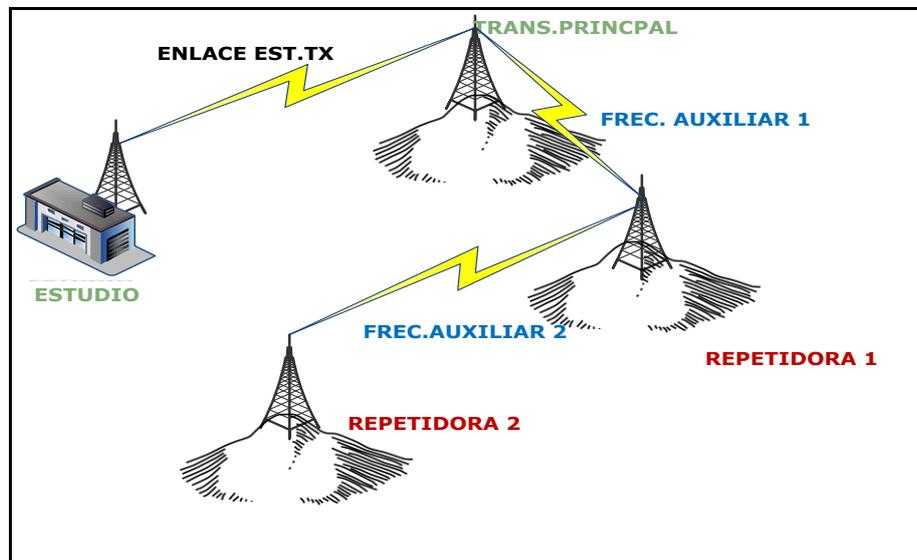


FIGURA II. 1. SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN

Fuente: El Autor

2.5.4 Servicios de Radiodifusión

Son aquellos servicios de telecomunicaciones cuyas transmisiones están destinadas a la recepción libre y directa por el público en general. Estos servicios comprenden emisiones sonoras o de televisión.

Entre los puntos débiles que se puede señalar de los servicios de radiodifusión esta la unisensorialidad ya que el mensaje llega a un solo sentido que es nuestro oído.

2.6. RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA

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

En la figura II. 2. Se ilustra los sistemas que se emplean para el enviar señales de radio están formados por tres partes básicas: el transmisor, el receptor y el enlace entre receptor y transmisor.

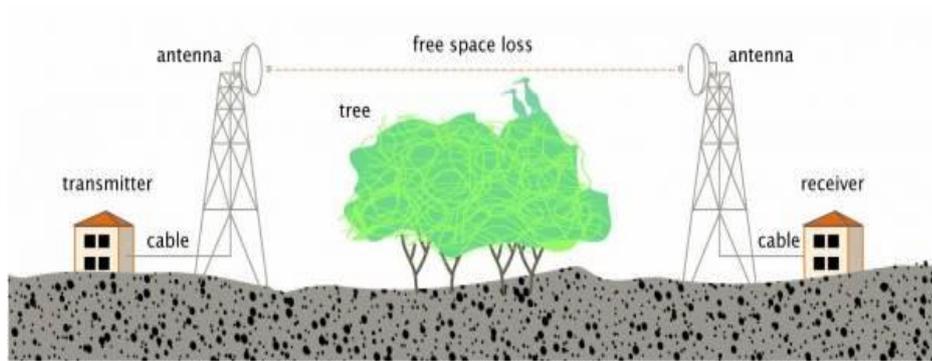


FIGURA II. 2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Fuente: Giordano J L 2009 ONDAS DE RADIO (<http://www.proffisica.cl>)

2.6.1 Elementos de la Radiodifusión

2.6.1.1. El Transmisor

Es el origen de una sesión de comunicación. Un transmisor es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio.

El transmisor de radio es un caso particular de transmisor, en el cual el soporte físico de la comunicación son ondas electromagnéticas. El transmisor tiene como función codificar señales ópticas, mecánicas o eléctricas, amplificarlas, y emitirlas como ondas electromagnéticas a través de una antena. La codificación elegida se llama modulación

2.6.1.2. Enlace

Medio de transmisión es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

2.6.1.3. Receptor

La función del receptor es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de

amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.

2.6.2. Espectro Electromagnético

Es la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.

2.6.3. Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico está comprendido entre 3 KHz y 300 GHz. De acuerdo al Reglamento de Radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se divide en tres regiones. La Región 1 comprende Europa, África y los países de la antigua Unión Soviética, la Región 2 está conformada por América del Norte y América del Sur y la Región 3 comprende Asia y Oceanía. A continuación en la figura II. 3. se hace referencia a las regiones según la ITU.

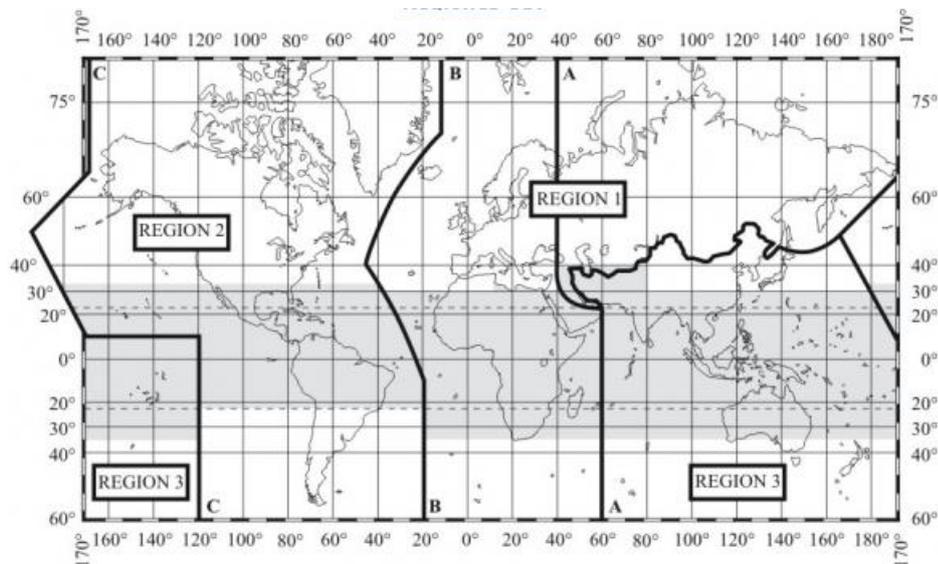


FIGURA II. 3. MAPA DE REGIONES SEGÚN LA UIT.

Fuente: <http://www.itu.int/ITU-R/bands>

2.7. BANDA DE FRECUENCIAS

Se encuentra estipulado en la Ley de Radiodifusión y Televisión, que el espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.

El espectro electromagnético se divide en bandas de frecuencias según las normas de los organismos reguladores de las comunicaciones mundiales que forman parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). El espectro radioeléctrico se subdivide en bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro mostrado en la tabla II.I.

FRECUENCIAS	DESIGNACIÓN SEGÚN LONGITUD ONDA	DESIGNACIÓN SEGÚN SU FRECUENCIA
3 a 30 KHz.	Miriamétricas (100 Km a 10 Km)	VLF (muy baja frecuencia)
30 a 300 KHz.	Kilométricas (10 Km a 1 Km)	LF (baja frecuencia)
300 a 3,000 KHz.	Hectométricas (1000 m a 100 m)	MF (media frecuencia)
3000 a 30,000 KHz.	Decamétricas (100 m a 10 m)	HF (alta frecuencia)
30 a 300 MHz	Métricas (10 m a 1 m)	VHF (muy alta frecuencia)
300 a 3,000 MHz	Decimétricas (1 m a 0.1 m)	UHF (ultra alta frecuencia)
3000 a 30,000 MHz	Centimétricas (10 cm a 1 cm)	SHF (súper alta frecuencia)
30 a 300 GHz	Milimétricas (10 mm a 1mm)	EHF (extrema alta frecuencia)
300 a 3,000 GHz	Decimilimétricas	S/N
	Centimilimétricas	Infrarrojo
	Micrométricas	Rojo
	Decimicrométricas	Luz visible
	Centrimicrométricas	Ultravioleta
	Nanométricas	Ultravioleta lejano

TABLA II. I. BANDA DE FRECUENCIAS

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

2.7.1. Ancho de Banda

El ancho de banda es la anchura del espectro. Muchas señales tienen un ancho de banda infinito, pero la mayoría de la energía está concentrada en un ancho de banda pequeño.

Todas las formas de telecomunicaciones actuales ocupan sólo una porción relativamente pequeña del espectro electromagnético. Sin embargo, existen rangos de frecuencia que se emplean de manera constante y la competencia para que este recurso sea asignado pues ya ha llegado a ocasionar la saturación del espectro radioeléctrico para las emisiones terrenas de radio y televisión analógicas.

Otro problema que se debe mencionar es que en la transmisión de la señal ésta se debilita con la distancia y sufre diversas atenuaciones, como el desvanecimiento de la señal, refracción en la atmósfera, difracción por la zona de Fresnel, reflexiones en el terreno, múltiple trayectoria, atenuación por vegetación, por gases, lluvia, nieve, etc. Adicionalmente, en los receptores en movimiento se producen cambios de frecuencia y fase (efecto Doppler).

Una manera de disminuir estos efectos es empleando amplificadores de señal cada cierta distancia y para ampliar la cobertura de las estaciones se deben implementar estaciones repetidoras que permitan regenerar la señal emitida para que pueda llegar al destino.

2.8. TECNOLOGÍAS DE LA RADIODIFUSIÓN

Para realizar la transmisión vía radio, se debe emplear una frecuencia muy alta en comparación a la voz del ser humano. Esta es una de las tecnologías desarrolladas y se lo llama modulación que es el proceso que consisten elevar la frecuencia de la señal que se desea enviar hasta una frecuencia superior de manera que se transmita de forma correcta por el medio.

El proceso de modulación consiste en variar las propiedades de la señal llamada portadora (transporta el mensaje hasta el receptor) mediante una señal llamada moduladora (contiene el mensaje que se va a transmitir). Por modulación se puede variar los siguientes parámetros:

- Amplitud, lo que se denomina AM.
- Frecuencia, o FM.
- Fase o PM.

Modular una señal es necesario al transmitir señales por medios con fuerte atenuación en la banda de frecuencia. La modulación hace una transformación de la señal moduladora a frecuencias superiores por medio de una señal portadora que es de tipo sinusoidal. La expresión de la señal portadora se expresa en la fórmula II. 1. a continuación:

$$Y_p = A_c \cos(\omega_c t + \phi)$$

FÓRMULA II. 1. SEÑAL PORTADORA AM

Fuente: Tomasi, W (1996). **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Editorial Pearson Educación

Esta señal corresponde a una señal sinusoidal pura cuyos parámetros más importantes son tres:

- Amplitud: A_c
- Fase: ϕ
- Frecuencia: ω_c

Dependiendo del parámetro que se varíe se realiza un tipo de modulación distinto. Cuando se varía la amplitud, la modulación es en amplitud y de la misma manera para la frecuencia y la fase de la señal de la portadora.

2.8.1. Radiodifusión AM

2.8.1.1. Introducción

En la radiodifusión la tecnología por Amplitud Modulada es una de las más antiguas y primeras utilizadas y no ha cambiado desde que Guglielmo Marconi descubrió las posibilidades de enviar mensajes a largas distancias empleando ondas electromagnéticas al final del siglo XIX.

Lo que ha cambiado es la tecnología del transmisor y del receptor, y el conocimiento sobre la propagación a través de la ionósfera.

Sin embargo desde que la radiodifusión tuvo sus inicios en los años 80 aún no se ha logrado eliminar las desventajas que presenta la tecnología de transmisión analógica en estas bandas de frecuencia:

- Potencia de transmisión muy alta y por tanto altos costos operacionales para la programadora o radiodifusora.
- La baja calidad de audio comparada con la de Frecuencia Modulada.
- La mala calidad de recepción de todos los sistemas de radiodifusión, causada por desvanecimiento, interferencia y ruido en estos casos a veces dependiendo de la distancia.
- La necesidad de usar varias frecuencias para cubrir la misma área debido a las dificultades de la propagación.
- La dificultad para el oyente de sintonizar la frecuencia de determinada estación, la misma que depende del estado del tiempo del día, del año y del número de manchas solares.

Debido a estos efectos la radiodifusión en AM puede influenciar en la aceptación por parte de los oyentes y en su desarrollo con el tiempo puede llegar a producir el cierre de la radiodifusora en AM dada las opciones y los cambios que día a día se están dando en el mercado tecnológico con respecto al sistema digital de radiodifusión.

2.8.1.2. Propagación AM

Las bandas de radiodifusión terrestres en baja, media y alta frecuencia debajo de 30 MHz se caracterizan por tener las siguientes formas de propagar la señal:

Propagación por onda de superficie: para frecuencias bajas y medias (hasta 8 MHz) y distancias de hasta 1000 Km; depende de la conductividad y orografía del terreno. En la ilustración de la figura II. 4. se muestra la forma de propagación:



FIGURA II. 4. PROPAGACIÓN POR ONDA DE SUPERFICIE.

Fuente: <http://teleinformatica.blogspot.com>

Propagación por onda ionosférica: para frecuencias medias y altas preferentemente. Distancias de hasta 12000 Km; se basa en el efecto de refracción-reflexión de las ondas de MF y HF dado por la distinta ionización de las capas de la ionosfera que provocan uno o varios “rebotes” de la señal en el camino del transmisor al receptor. Por lo tanto se caracteriza por una gran dispersión temporal dada por el multitrayecto de los diversos rebotes como se muestra en la figura II. 5.

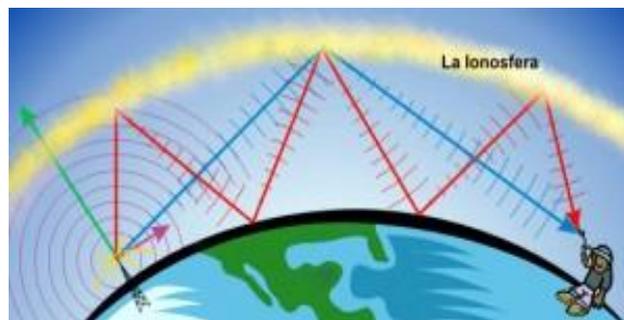


FIGURA II. 5. PROPAGACIÓN POR ONDA IONOSFÉRICA.

Fuente: <http://www.srh.noaa.gov>

2.8.1.3. Descripción Modulación AM

La modulación en amplitud AM fue el primer método de transmisión por radio. Es el modo más común de transmisión de voz entre las emisoras de radio de Onda Larga, Media y Corta.

Este sistema utiliza la modulación en amplitud de la onda para transportar la señal de audio. Se basa en variar la amplitud de la onda portadora en función de la amplitud de la onda moduladora, obteniendo como resultado una onda modulada que contiene a la moduladora. El nombre proviene del tipo de modulación de la señal portadora donde la canalización es de 20 [KHz] con un ancho de banda de 10 [KHz.]. Existen variantes de la modulación AM a continuación de menciona los siguientes:

- Modulación AM doble banda lateral con portadora de máxima potencia (DSB-FC, Double Side Band Full Carrier) o llamada AM convencional.
- Modulación AM doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC, Double Side Band Suppressed Carrier) donde se suprime la frecuencia central (portadora).
- Modulación AM banda lateral única con portadora suprimida (SSB-SC, Single Side Band Suppressed Carrier) donde se suprime la portadora y una de las bandas laterales.
- Modulación AM con banda lateral vestigial (BLV, Side Band Vestigial) donde se suprime una parte de una de las bandas laterales.

Los moduladores AM son dispositivos no lineales, con dos entradas y una salida, una entrada es una sola señal portadora de alta frecuencia y amplitud constante, y la segunda está formada por señales de información, de frecuencia relativamente baja. En la siguiente figura II.6.se hace referencia al proceso de modulación AM que tiene como entradas la señal portadora y la señal de audio y la salida es la señal modulada en amplitud como se indica a continuación:

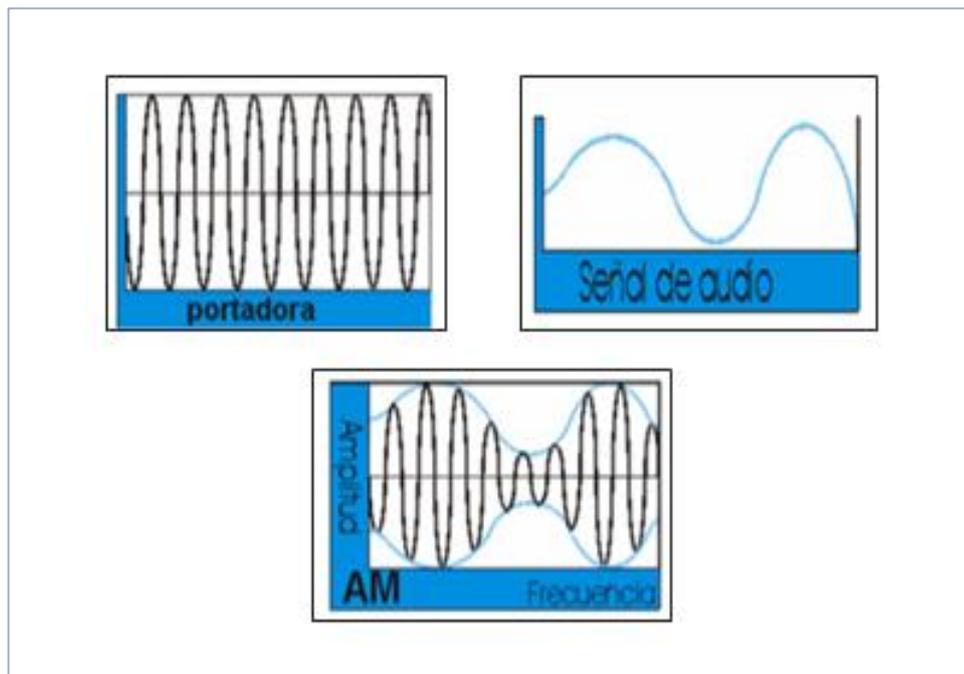


FIGURA II. 6. PROCESO DE MODULACIÓN AM.

Fuente: <http://www.forosdeelectronica.com/proyectos/emisorafm.htm>

Se debe analizar un parámetro muy importante en la modulación AM que es el índice de modulación (m). Este índice es la relación entre la amplitud de la señal moduladora y la amplitud de la señal portadora, sirve para describir la profundidad de la modulación lograda y se define en la fórmula II. 2. a continuación:

$$m = \frac{\text{Amplitud_Moduladora}}{\text{Amplitud_Portadora}} \cdot 100$$

FÓRMULA II. 2. ÍNDICE DE MODULACIÓN AM

Fuente: Tomasi, W (1996). **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Editorial Pearson Educación

Las emisiones radioeléctricas operan en la banda comprendida en 535 a 1605 KHz, más conocida como "Banda AM" u Onda Media. Debido a su extensa cobertura es muy utilizada en las zonas rurales por su propagación por onda superficial principalmente.

Las frecuencias más bajas sufren menos atenuación por el tipo de terreno que las señales más altas en la banda.

La UIT impone para esta modulación un ancho de banda de 10 KHz debido a estas limitaciones la calidad del sonido es muy mala ya que el ancho de banda es muy reducido. En la actualidad esta modulación se ha visto desfasada no solo por su mala calidad de audio sino también porque presenta susceptibilidad frente a interferencias provocadas por el ruido de motores, la electricidad estática, las tormentas ya que afectan de manera considerable la señal haciendo que se varíe la amplitud de la señal modulada.

Las emisoras en bandas AM se clasifican según su frecuencia de operación y ámbito de cobertura como se indica en la siguiente tabla II. II:

TIPO ESTACIÓN	RANGO DE FRECUENCIAS
Locales	540 a 800 [KHz.]
Regionales	810 a 1090 [KHz.]
Provinciales	1100 a 1600 [KHz.]

TABLA II. II. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BANDA AM.

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

La propagación en estas frecuencias se efectúa fundamentalmente por onda de superficie, ionosférica o ambas. Este tipo de propagación permite una amplia cobertura, que puede ser local, nacional e incluso internacional.

La radio AM usa las siguientes bandas para su difusión:

- **Onda larga:** también llamadas ondas kilométricas, su longitud de onda va de 600 a 3000 metros y su gama de frecuencias va de 100 a 500 KHz. Se propagan bien por onda de superficie, pudiendo conseguir coberturas de ámbito nacional, no sufren de pérdida de contenido pero acumulan muchos ruidos parásitos por lo que no es recomendable para la radiodifusión. En estas bandas de frecuencia se iniciaron las primeras emisiones de radiodifusión sonora.

- **Onda media:** también llamadas ondas hectométricas, su longitud de onda va de 200 a 600 metros con frecuencias de 500 a 1700 KHz. Su propagación se realiza fundamentalmente por onda de superficie aunque su propagación es menos eficiente que las ondas largas. Las estaciones que utilizan estas frecuencias suelen tener cobertura de ámbito regional y local. Se la emplea en radiocomunicación; su propagación es mejor durante el invierno y en las noches pero produce interferencias a otras emisoras lejanas que trabajan en la misma frecuencia.
- **Onda corta:** también llamadas ondas decamétricas, su longitud de onda va de 10 a 100 metros con frecuencias de 3 a 30 MHz Son las altas frecuencias y facilitan la radiodifusión internacional; su propagación depende de la ionización atmosférica por lo que su uso tiene mucho que ver con la hora del día y la estación del año.

2.8.1.4. Usos actuales de las Bandas AM

En la actualidad a las bandas de baja, media y alta frecuencia se las utiliza de distintas maneras dependiendo de las características de propagación únicas que poseen, que no están presentes en otros rangos de frecuencias:

- a) La banda de transmisión de baja frecuencia (LF) u onda larga, puede proporcionar de manera eficaz cobertura nacional por onda superficial con un solo transmisor. La longitud de onda larga implica grandes estructuras de antenas de transmisión; esta banda es normalmente usada cuando se desea dar cobertura a grandes áreas para justificar la inversión en la antena.
- b) La banda de media frecuencia (MF) u onda media está disponible a lo largo del mundo y tiene una amplia gama de usos. La propagación por onda superficial es ligeramente menos eficaz en esta banda que en LF, pero la cobertura durante el día todavía es buena. Un transmisor o una pequeña red de pocos transmisores pueden proporcionar cobertura

nacional (dependiendo del tamaño de país) aunque la banda también se usa para dar cobertura local con un solo transmisor de baja potencia.

Por la noche cuando la absorción en la capa D de la ionosfera se reduce se producen tanto la propagación ionosférica como la propagación por onda superficial. La propagación reforzada puede traer interferencias, por ejemplo una estación distante cocanal, que no se oye durante el día, comienza a oírse en el fondo de la estación deseada.

Puede también haber interferencia de la misma onda ionosférica de la estación deseada, pues ésta llega después de la onda superficial y así causa interferencia como una forma de multicamino, produciendo desvanecimiento o distorsión del sonido. Sin embargo, la propagación reforzada también puede explotarse positivamente para la radiodifusión internacional, a lugares que la onda superficial no puede alcanzar.

- c) Las bandas HF u onda corta son principalmente conocidas para facilitar la radiodifusión internacional, usando la onda ionosférica. Las transmisiones pueden estar designadas a países distantes con la ventaja que no hay ninguna barrera que pueda obstruir la transmisión u otro operador que pueda cambiar la entrega del servicio.

2.8.2. Radiodifusión FM

2.8.2.1. Introducción

En la radiodifusión por audio la tecnología por modulación de frecuencia es la más utilizada, el avance y desarrollo de la radiodifusión sonora nos ayuda para el progreso siendo así un tipo de servicio al alcance de todos. La FM fue utilizada en un principio por la radiodifusión para crear canales radiofónicos, El primer sistema operativo de comunicación radiofónica fue descrito por Edwin H. Armstrong en 1936. Este tipo de tecnología presenta mejoras en cuanto a la radiodifusión AM.

2.8.2.2. Descripción Modulación FM

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

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

- El ancho de banda en la banda de FM es de 200 [KHz] como protección reservan 100 [KHz] de espacio a ambos lados de esta señal para evitar interferencias perjudiciales con los canales adyacentes para estéreo y 180[KHz] para monofónica, con una tolerancia de hasta un 5%.
- El rango de frecuencias en banda base para audio va desde los 50 [Hz] a 15 [KHz].
- El porcentaje de modulación para sistemas monofónicos o estereofónicos es del 100%; si éstos utilizan una sub-portadora 95% y si utilizan dos a más sub-portadoras 100%.
- La separación entre portadoras estará determinada por los grupos de frecuencias correspondientes a cada zona geográfica.

En la siguiente figura II. 7. Se ilustra la operación de las frecuencias y la separación necesaria para su funcionamiento:

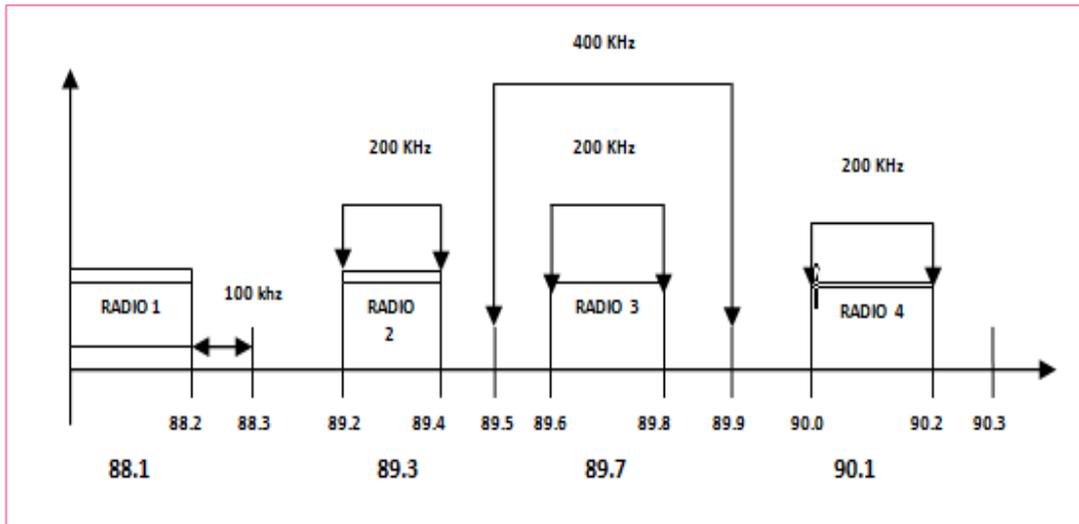


FIGURA II. 7. DESCRIPCIÓN DE LAS BANDAS DE FM.

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

2.8.2.3. Propagación FM

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

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

2.8.2.4. Potencia de Transmisores FM

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

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

Las estaciones de baja frecuencia son usadas para cubrir cabeceras cantorales o sectores de baja población, cuya frecuencia pueda ser reutilizada por diferente concesionario, en otro cantón de la misma provincia o zona geográfica. Tienen un máximo de potencia de 250, su transmisor se ubica en áreas periféricas de la población que irá a cubrir y el sistema radiante se encuentra a una altura máxima de 36 metros sobre la altura promedio de la superficie de la población a ser servida.

Según la Regla de Carson el ancho de banda de la señal FM es como se muestra en la fórmula II. 3.

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

FÓRMULA II. 3. ANCHO DE BANDA FM.

Fuente: Tomasi, W (1996). **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Editorial Pearson Educación

Donde

ω : Ancho de banda de la señal FM.

β : Ancho de banda de la señal moduladora.

ϕ : Desviación de frecuencia pico.

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

$$(2 (75+15)) = 180 \text{ [KHz.]}$$

Los sistemas FM requieren un mayor ancho de banda y se ha demostrado que la relación señal a ruido de la señal transmitida aumenta, aumentando de la misma manera la calidad de la señal. De la misma manera que en la modulación AM, el elemento más importante es el índice de modulación (m), que se define como la relación entre la desviación de frecuencia de la señal portadora y la frecuencia de la señal moduladora, en la fórmula II. 4. se expresa de la siguiente manera:

$$m = \frac{\Delta f_p}{f_m}$$

FÓRMULA II. 4. ÍNDICE MODULACIÓN FM.

Fuente: Tomasi, W (1996). **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Editorial Pearson Educación

La transmisión de radio hace que la onda portadora se module de forma que su frecuencia varíe según la señal de audio transmitida. En la siguiente figura II. 8. se indica el proceso de modulación FM como entradas la señal portadora y la señal de audio y la salida es la señal modulada en frecuencia

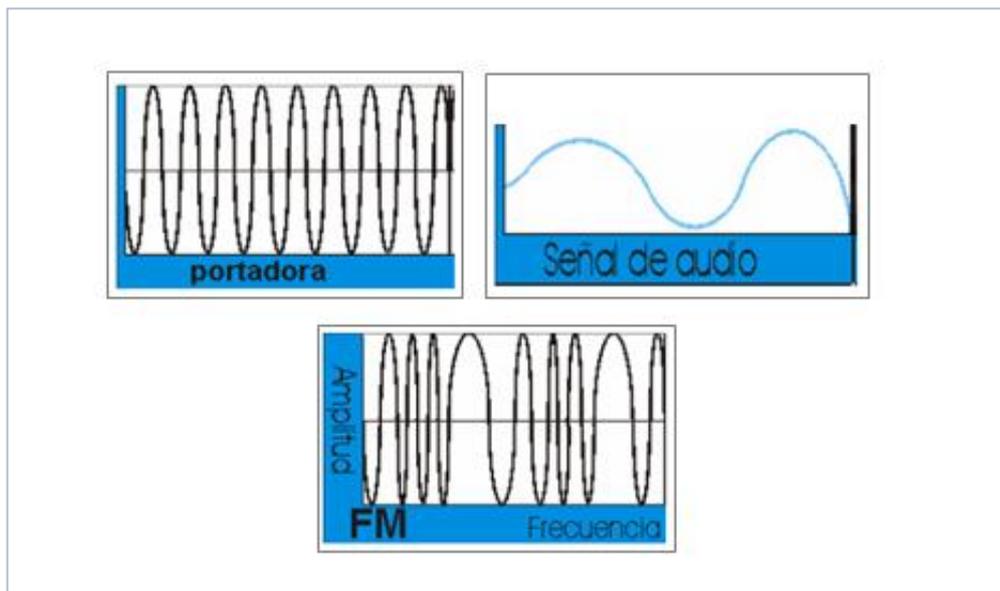


FIGURA II. 8. PROCESO DE MODULACIÓN FM.

Fuente: <http://www.forosdeelectronica.com/proyectos/emisorafm.htm>

2.8.3. Radiodifusión De Onda Corta

La radiodifusión de onda corta es similar a las estaciones de onda media local (AM), sólo que la señal de onda corta viaja más distancia; normalmente se utiliza el modo AM (Amplitud Modulada) y la BLU (Banda Lateral Única). La Onda Corta, también conocida como SW (Short Wave) es una banda de radiofrecuencias comprendidas entre los 2300 y 29900 [KHz] en la que transmiten las emisoras de radio internacionales y las estaciones de radioaficionados para transmitir su programación al mundo.

Estaciones de onda corta

Estas estaciones de radiodifusión operan en 2 grupos de bandas de frecuencias: las bandas tropicales (60, 90 y también 120 m) y las bandas internacionales. Las primeras se emplean en la zona tropical del planeta ya que constituyen una alternativa a la radiodifusión en onda media por lo que las emisoras locales son sus principales usuarios.

Las segundas son usadas por las emisoras internacionales para sus emisiones de cobertura mundial. Se caracterizan porque realizan la transmisión a través de la llamada propagación ionosférica.

El rango de frecuencias en Onda Corta en nuestro país es desde los 3220 [KHz] hasta los 5965 [KHz] y el rango de potencia de trabajo de los transmisores para radiodifusión en Onda Corta es:

- Regional (1 - 10 [Kw]).
- Internacional (más de 10 [Kw]).

2.8.4. Ventajas de FM sobre AM

Las principales ventajas de FM sobre AM son las siguientes:

- La modulación en frecuencia presenta una mayor calidad de reproducción como resultado de su mayor inmunidad hacia las interferencias eléctricas, por lo que es un sistema adecuado para la emisión de programas (música) de alta fidelidad.
- La señal transmitida en FM es mucho más compleja y lleva una información más detallada de la señal.
- Mejor calidad auditiva que la AM ya que contiene un gran número de frecuencias generalmente distintas. La señal FM puede ser escuchada en estéreo y con gran nitidez.
- La modulación de frecuencia requiere un ancho de banda mayor que la modulación de amplitud, sin embargo este hecho hace a la señal modulada en frecuencia más resistente a las interferencias.

- 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, pero si se quiere que una emisora FM sea de carácter nacional se requieren de repetidoras en las zonas donde existen obstáculos, que podrían ser las cordilleras u otros accidentes geográficos.
- Las estaciones o emisoras FM comerciales poseen unos índices de audiencia más elevados que las emisoras AM.

2.8.5. Limitaciones AM y FM

La radiodifusión AM y FM presenta muchas deficiencias las que se menciona a continuación:

- En la radiodifusión AM los problemas se presentan al tener un sonido limitado en calidad, la propagación está sujeta a ruidos por descargas atmosféricas e interferencias eléctricas industriales y domesticas presentando zumbidos cuando los receptores pasan cerca de líneas de alta tensión y es difícil recibir la señal en sitios bajos o túneles.
- La radiodifusión AM en cuanto a la cobertura entre el servicio diurno y nocturno presenta ciertas diferencias, en la noche las ondas pueden llegar a grandes distancias y pueden causar interferencia a otros sistemas ocasionado un deterioro en las señales de radiodifusión AM; las emisoras de AM en el país enfrentan una crisis preocupante con la disminución de su público radioescucha y por ende la disminución de sus ingresos publicitarios.
- En la radiodifusión FM se producen problemas de sensibilidad a la propagación multitrayecto la cual prohíbe la reutilización de la misma frecuencia para la difusión de la señal para transmisores cercanos; se presentan problemas de interferencia debido al ancho de banda de la señal comparada con la separación del canal vecino, en FM no existe la

capacidad de poder dar servicios adicionales para la transmisión simultánea de datos.

Su pequeña cobertura convierte a la frecuencia modulada en un servicio de radio fundamentalmente local, donde el empleo de repetidores puede incrementar su cobertura.

La escasa longitud de onda de esta banda de frecuencia hace que las antenas sean de pequeñas dimensiones y consecuentemente tengan una polarización horizontal.

- 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.

La propagación de la señal en la banda de VHF se caracteriza por su direccionalidad y su limitada cobertura donde las ondas directas se pierden en el espacio cuando confluyen con la línea del horizonte; esta direccionalidad hace que las señales de FM puedan ser fácilmente absorbidas o apagadas por los obstáculos que encuentra en su trayectoria.

Frente a los inconvenientes que la radiodifusión analógica presenta se debe tomar en cuenta ciertas características que se deben mejorar en la radiodifusión, para su futura digitalización:

- Lograr una calidad similar a la del disco compacto.
- Eliminar los efectos multitrayectoria.
- Lograr la misma calidad en receptores fijos y móviles.
- Lograr la misma calidad en horarios diurno y nocturno.
- Usar eficientemente el espectro de frecuencias.

- El empleo de repetidores para cubrir las zonas de sombra utilizando la misma frecuencia.
- Permite proporcionar servicios adicionales.
- Permitir al radioescucha tener aplicaciones multimedia, permitiendo desplegar servicios interactivos y de información adicionales a los de radiodifusión.
- Uso adecuado del canal radioeléctrico del espectro de frecuencias gracias a la compresión digital de las señales a transmitir, permitiendo tener varios canales digitales en el ancho de banda ocupado por un canal analógico.

2.9. SITUACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ACTUAL EN RIOBAMBA

2.9.1. Introducción

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

La radiodifusión sonora es el principal medio comercial para llegar tanto al sector urbano como al rural las tecnologías sobre las que se trabaja en estos medios son AM y FM y aunque en la frecuencia AM casi se han ido desapareciendo su recepción pública aún continúan sus emisiones ciertas estaciones radiales. En la actualidad las transmisiones de radiodifusión son analógicas. En la siguiente figura II. 9. Se presenta un diagrama de la distribución de frecuencias en la ciudad:



FIGURA II. 9. FRECUENCIAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

Fuente: El Autor

2.9.2. Frecuencias Asignadas en Riobamba

A continuación se detalla en la tabla II. III. las frecuencias concesionadas para la ciudad:

RADIODIFUSIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	FREC.	AB	ENLACE
AM	ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	710	10	RADIOELÉCTRICO
AM	EL PRADO	980	10	RADIOELECTRICO
AM	LA VOZ DE RIOBAMBA	1150	15	RADIOELECTRICO
AM	RADIO CENTRAL	1170	10	LINEA FISICA
AM	ONDAS CISNERINAS	1410	10	LINEA FISICA
FM	RADIO PUBLICA	88.1	220	SATELITAL
FM	ROMANCE 88.5 FM	88.5	220	RADIOELECTRICO
FM	RUMBA STEREO FM	88.9	220	RADIOELECTRICO
FM	RIOBAMBA STEREO	89.3	220	RADIOELECTRICO
FM	GENIAL EXA FM	89.7	220	RADIOELECTRICO
FM	SULTANA FM	90.1	220	RADIOELECTRICO
FM	STEREO MUNDO KDM	90.5	220	RADIOELECTRICO
FM	CARACOL FM STEREO	91.3	220	RADIOELECTRICO
FM	ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	91.7	180	RADIOELECTRICO
FM	FANTÁSTICA 92.1 FM	92.1	220	RADIOELECTRICO
FM	HOLA FM STEREO	92.5	220	RADIOELECTRICO

FM	SISTEMA 2 FM	92.9	220	RADIOELECTRICO
FM	SÚPER ESTÉREO FM	93.3	220	RADIOELECTRICO
FM	BONITA FM	93.7	220	RADIOELECTRICO
FM	CENTRO FM STEREO	94.1	220	RADIOELECTRICO
FM	CANELA RADIO CORP. 94.5 CHIMBORAZO	94.5	220	RADIOELECTRICO
FM	STEREO BUENAS NUEVAS	95.3	220	RADIOELECTRICO
FM	RIO 95.7	95.7	220	RADIOELECTRICO
FM	MUNDIAL FM	96.1	220	RADIOELECTRICO
FM	SOL 96	96.5	220	RADIOELECTRICO
FM	AMOR FM STEREO	96.9	220	RADIOELECTRICO
FM	J.C. RADIO	97.3	220	RADIOELECTRICO
FM	TRICOLOR FM	97.7	220	RADIOELECTRICO
FM	ALEGRÍA FM	98.5	220	RADIOELECTRICO
FM	HOLA FM	98.9	220	RADIOELECTRICO
FM	PUNTUAL FM	99.7	220	RADIOELECTRICO
FM	LA VOZ DEL VOLCÁN	100.9	220	RADIOELECTRICO
FM	TERNURA FM	101.3	180	RADIOELECTRICO
FM	LATINA FM	102.1	220	RADIOELECTRICO
FM	CUMBRE FM	102.5	220	RADIOELECTRICO
FM	SENSACIÓN STEREO	102.9	220	RADIOELECTRICO
FM	SONORAMA FM	103.7	180	SATELITAL
FM	MARÍA	104.1	220	SATELITAL
FM	PAZ Y BIEN	104.5	220	RADIOELECTRICO
FM	FUTURA	104.9	220	RADIOELECTRICO
FM	RADIO LEGISLATIVA	105.3	220	SATELITAL
FM	CATÓLICA NACIONAL FM	105.7	220	RADIOELECTRICO
FM	ANDINA FM	106.1	220	RADIOELECTRICO
FM	PANAMERICANA FM	106.9	220	RADIOELECTRICO
FM	STEREO FAMILIAR	107.3	220	RADIOELECTRICO

**TABLA II. III. FRECUENCIAS ASIGNADAS Y ANCHOS DE BANDA DE OPERACIÓN EN
RIOBAMBA**

Fuente: Información SUPERTEL

Existen en la ciudad un total de 5 estaciones en AM y 40 estaciones en FM aunque algunas tienen sus estudios principales en la ciudad solo son repetidoras y en otros casos las estaciones llegan a dar cobertura a otros cantones de la provincia de Chimborazo.

2.10. RADIODIFUSIÓN DE AUDIO DIGITAL

2.10.1. Digitalización

La digitalización es un proceso tecnológico en el que datos, gráficos, sonidos e imágenes se transforman en bits mediante la codificación y compresión de las señales originales; la señal de audio es transmitida desde el estudio de grabación hasta el receptor en forma digital; esto permite la convergencia de contenidos y plataformas a través de los diversos tipos de redes. El avance de la tecnología en el mundo ha permitido migrar la radio hacia nuevos sistemas de radiodifusión digital; a continuación se describe los principales estándares:

- DAB Eureka 147.
- DRM.
- IBOC.

Para el proceso de selección del estándar de radiodifusión digital se deben tomar en cuenta aspectos como:

- Que presente continuidad del servicio analógico, con lo que se garantizará al público radioescucha que durante el período de transición a la tecnología digital, se siga manteniendo el servicio de radiodifusión.
- Servicio Universal, que permita que la radiodifusión digital llegue a todo el país en forma gradual y progresiva.
- Actualmente en la radiodifusión analógica (AM y FM), para contar con una mejor calidad de audio, superior a la que actualmente es emitida.
- La radiodifusión digital debe combatir los problemas generados por el efecto multitrayectoria, se debe ofrecer un mejor servicio de cobertura en comparación al brindado actualmente por las estaciones de radiodifusión, usando menos potencia y emitiendo la misma programación en la misma frecuencia.

2.10.2. Transmisión de audio digital

La radiodifusión digital de audio funciona mediante la modulación de la señal portadora en el transmisor, con una señal de audio digital en lugar de una forma de onda analógica, es decir un transmisor de radio digital procesa los sonidos en patrones de bits. Por el contrario, la radio analógica tradicional procesa los sonidos en patrones de señales eléctricas que asemejan ondas de sonido.

La FM analógica funciona razonablemente bien para estaciones fijas de recepción, donde puede montarse una antena direccional en un lugar seleccionado, pero presenta muchos problemas cuando la recepción es móvil, donde no existe ningún control sobre la localización y donde no cabe plantearse el tema de una gran antena direccional. El mayor inconveniente de la radiodifusión es la recepción por trayectoria múltiple, donde la señal directa se recibe junto con esos retardos procedentes de grandes cuerpos reflectores tales como edificios de gran altura. A ciertas longitudes de onda, la reflexión se recibe en anti fase con respecto a la señal directa y se produce una atenuación que provoca un vacío en el espectro de recepción. En un sistema analógico, las pérdidas de señal son inevitables.

La Radiodifusión Digital, (DSB, Digital Sound Broadcasting o DAB, Digital Audio Broadcasting), tecnología que permite la transmisión de señales de audio con calidad digital y la utilización de algoritmos de compresión eficaces, permitiendo a este sistema utilizar el mismo ancho de banda asignado.

La radio digital es la transmisión y la recepción de sonido que ha sido procesado utilizando una tecnología comparable a la que se usa en los reproductores de discos compactos (CD). Un transmisor de radio digital convierte sonidos en series de números o “dígitos”, de ahí nace el término radio digital.

El audio digital se ha impuesto al analógico porque tiene algunas ventajas, principalmente, evita la mayor degradación del sonido analógico y las pérdidas que se producen al generar copias del original.

En un sistema de audio digital, la señal es discreta en función del tiempo y en función de la amplitud. En este sistema, la información se encuentra en forma binaria. Si la señal binaria resulta afectada por el ruido, este será rechazado por el receptor; ya que solamente se considera si la señal está por encima o por debajo de un determinado umbral.

Para convertir una señal analógica en digital, el primer paso consiste en realizar un muestreo de ésta, o lo que es igual, tomar diferentes muestras de tensiones o voltajes en diferentes puntos de la onda senoidal. La frecuencia a la que se realiza el muestreo se denomina razón, tasa o también frecuencia de muestreo y se mide en kilohertz (kHz). En el caso de una grabación digital de audio, a mayor cantidad de muestras tomadas, mayor calidad y fidelidad tendrá la señal digital resultante.

En la actualidad las señales de audio y otros contenidos de la radio analógica contienen mucha información. Esto comprende un rango potencialmente ilimitado de valores que progresan continuamente a través del tiempo en cambio los sistemas de radiodifusión digital dependen de una serie de desarrollos para reducir esto a un número manejable de pedazos en código binario llamados bits por segundo. Un bit consiste de una sola instrucción binaria, 0 o 1.

Entonces diremos que la transmisión de datos digitales consiste en el envío de información a través de medios de comunicaciones físicos en forma de señales digitales.

Sin embargo, como la información digital no puede ser enviada en forma de 0 y 1, debe ser codificada en la forma de una señal con dos estados, por ejemplo:

- Dos niveles de voltaje con respecto a la conexión a tierra
- La diferencia de voltaje entre dos cables
- La presencia/ausencia de corriente en un cable
- La presencia/ausencia de luz

2.10.2.1. Muestreo

Los sistemas de audio digital toman un gran número de muestras por cada segundo. Las tasas o frecuencias de muestreo más utilizadas para audio digital en radio es 22050 muestras/s, la radio en la práctica permite reproducir señales con componentes de hasta 10 KHz. Ejemplo en audio para ser grabado en un disco compacto (CD) se muestrea 44100 veces por segundo. En la siguiente tabla II. IV. se indica ejemplos de muestreo:

MUESTREO(m/s)	APLICACIÓN
8000	Teléfono
22050	Radio
32000	Video Digital
44100	CD
47250	PCM
48000	Sonido Digital en Televisión Digital
50000	Grabaciones Digitales
96000 o 192400	Audio en HD

TABLA II. IV. TASAS O FRECUENCIAS DE MUESTREO MÁS UTILIZADAS PARA AUDIO DIGITAL.

Fuente: http://cmm.cenart.gob.mx/tallerdeaudio/Teoria_y_tecnicas/Audiodigital.html

2.10.2.2. Condición De Nyquist

Esta condición es llamada el criterio de Nyquist, y es equivalente a decir que la frecuencia de muestreo s debe ser al menos dos veces mayor que el ancho de banda de la señal.

El ingeniero sueco Harry Nyquist formuló el siguiente teorema para obtener una grabación digital de calidad:

“La frecuencia de muestreo mínima requerida para realizar una grabación digital de calidad, debe ser igual al doble de la frecuencia de audio de la señal analógica que se pretenda digitalizar y grabar”. [5]

Este teorema recibe también el nombre de “Condición de Nyquist”. Es decir, que la tasa de muestreo se debe realizar, al menos, al doble de la frecuencia de los sonidos más agudos que puede captar el oído humano que son 20 mil hertz por segundo (20 KHz.). Por ese motivo se escogió la frecuencia de 44,1 KHz. como tasa de muestreo para obtener “calidad de CD”, pues al ser un poco más del doble de 20 KHz., incluye las frecuencias más altas que el sentido del oído puede captar.

El Teorema de Nyquist indica que la frecuencia de muestreo mínima que tenemos que utilizar debe ser mayor que $2 \cdot f_{max}$, donde f_{max} es la frecuencia máxima de la señal compleja.

2.10.2.3. Cuantificación

El muestreo genera pulsos comprendidos en el rango de amplitudes de la señal, este número puede ser infinito con valores no enteros dichos valores deben ser codificados y para tal hecho se procede a cuantificarlos. Para esta parte del proceso los valores continuos de la senoide se convierten en series de valores numéricos decimales discretos correspondientes a los diferentes niveles o variaciones de voltajes que contiene la señal analógica original. Por tanto, la cuantización representa el componente de muestreo de las variaciones de valores de tensiones o voltajes tomados en diferentes puntos de la onda sinusoidal, que permite medirlos y asignarles sus correspondientes valores en el sistema numérico decimal, antes de convertir esos valores en sistema numérico binario. Se muestra en la figura II. 10. el proceso de cuantización:



FIGURA II. 10. PROCESO DE LA CUATIZACIÓN.

Fuente: <http://www.asifunciona.com/electronica>

2.10.2.4. Cuantificación Codificación

Después de realizada la cuantización, los valores de las tomas de voltajes se representan numéricamente por medio de códigos y estándares previamente establecidos. Lo más común es codificar la señal digital en código numérico binario para la transmisión y recepción. La codificación permite asignarle valores numéricos binarios equivalentes a los valores de tensiones o voltajes que conforman la señal eléctrica analógica original.

Para la codificación de audio se utilizan los estándares MPEG1 y MPEG2 de audio, el sistema admite un canal de audio mono o stereo, con frecuencias de muestreo de 48 [KHz] (MPEG1) o 24 [KHz] (MPEG2). El canal de salida tiene velocidades de transmisión que puede oscilar entre 8 y 192 [Kbps] para canal mono y de 16 a 384 [Kbps] para canales stereo.

Ejemplo una pista de un CD estéreo requiere una tasa de 1,4112 megabits por segundo (Mbit/s). Para esto se ha desarrollado la compresión de audio, que reduce la cantidad de datos digitales requeridas para ser transmitida, quitando información redundante o removiendo los datos no-críticos. En la figura II. 11. se indica el proceso de codificación:



FIGURA II. 11. PROCESO DE LA CODIFICACIÓN.

Fuente: <http://www.asifunciona.com/electronica>

Comprimida la señal de audio digital entonces puede transmitirse a los oyentes en una variedad de formas. Las vías pueden ser Internet, Wi-Fi y teléfonos móviles de última tecnología.

En un sistema de radio digital, la señal de audio digital comprimida puede transmitirse directamente al usuario final no en forma cableada, sino por medio de las ondas electromagnéticas. Esto presenta un desafío clave para el diseño de sistemas como una transmisión de radio, que puede sufrir la señal deterioros como la interferencia de otras señales y fuentes de ruido naturales (el ruido atmosférico), como artificiales hechas por el hombre.

Si el receptor es fijo o móvil es también un criterio de diseño importante, así como las características del canal de radio que variara con el tiempo y los cambios tecnológicos que está teniendo la transmisión de datos.

2.10.3. Multiplicación por División de Frecuencia Ortogonal Codificada.

Existen técnicas especiales de modulación las cuales necesitan asegurar que el receptor puede descifrar las señales con precisión después de la transmisión a través del canal de radio. La elección en la técnica de modulación y protección contra errores, es una consideración importante para el diseño de un sistema de radio digital ya que de esta depende el desempeño del sistema contra la presencia de ruido e interferencia. Todos los sistemas de radio digital proporcionan una técnica de modulación digital a las estaciones transmisoras. Las técnicas de modulación que tienen las más altas tasas de transmisión son

generalmente más propensas a la interferencia que aquellas con más baja tasa de transmisión. Entre el cliente y la estación transmisora, existirá una negociación debido a los servicios de valor agregado que ofrecerá dicha estación.

Los sistemas de radio digital, modulan un gran número de portadoras usando una técnica conocida como Multiplexación por División de Frecuencia ortogonal codificada (COFDM). Varias frecuencias portadoras se modulan con la señal de audio digital siendo la señal extendida, usando una técnica codificada por todo el ancho de banda disponible en el canal de radio. El uso de COFDM ayuda a cubrir los problemas de disponibilidad que tenía el receptor móvil y permite el uso de una sola frecuencia de red, donde la misma frecuencia o canal puede usarse en múltiples sitios de transmisión sin la interferencia cocanal.

COFDM es un gran beneficio para los sistemas de banda ancha donde el gran número de portadoras proporciona alguna inmunidad en el desvanecimiento de la señal. Es más la banda ancha también proporciona una gran capacidad de transportar datos y la habilidad de portar múltiples señales de audio o programas dentro de un canal de radio.

2.10.3.1 Modulación OFDM

Con el pasar del tiempo y el avance de la tecnología la modulación ha sufrido diferentes cambios, desde la modulación AM y FM hasta llegar en los últimos tiempos a la modulación OFDM.

La modulación OFDM (Multiplexación por División en Frecuencias Ortogonales) consiste en utilizar un número grande de portadoras equi-espaciadas en frecuencia y moduladas cada una de ellas en QPSK o QAM, de forma que toda la información a transmitir se reparta entre ellas; cada portadora forma un sub-canal de tal manera que la suma de la información contenidas en cada uno de estos sub-canales será igual a toda la información que se desee transmitir. OFDM se basa en la multiplexación por división de frecuencia (FDM) y la diferencia está en la manera en que las señales se modulan y se demodulan.

En OFDM el pulso de la sub-portadora usado para la transmisión es rectangular, la modulación puede realizarse por medio de simples Transformadas Inversas de Fourier Discretas (IDFT) que para un trabajo muy eficaz se usa la Transformada Rápida de Fourier (IFFT). En el receptor solo se necesita que se invierta el procedimiento según los teoremas de la Transformada de Fourier, que permite relacionar el dominio de tiempo con el dominio de la frecuencia.

La Transformada Discreta de Fourier (DTF) es una variante de la transformada normal en la cual las señales son muestreadas en el tiempo y en el dominio de la frecuencia. En cambio para la transformación de la señal del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo se utiliza la transformada inversa de Fourier.

Mediante la modulación OFDM para la radiodifusión digital, el canal de entrada se divide en múltiples canales de baja velocidad y cada uno de ellos modula en DQPSK a una portadora con frecuencia distinta; el conjunto de portadoras que se emite en cada intervalo de tiempo se denomina símbolo OFDM que depende del modo de transmisión.

Para evitar la interferencia entre portadoras dentro de un mismo símbolo, las portadoras deben ser ortogonales, la separación entre ellas es igual a la inversa de la duración de un símbolo; los símbolos OFDM no son consecutivos, están separados en tiempo por un intervalo de guarda que permite una recepción muy robusta.

Según el principio de ortogonalidad la información transmitida sobre las portadoras deben estar separadas adecuadamente, el espaciamiento entre las sub-portadoras permite que al evaluar en frecuencia a la señal recibida todas las otras señales se anulen.

La señal muestreada se define en el espectro de frecuencias, las amplitudes y fases de los portadores dependen de los datos que se van a transmitir, considerando un adecuado proceso de sincronización de las portadoras.

Con las portadoras ortogonales los datos seriales entrantes son convertidos de forma serial a paralelo, para luego ser agrupados en bits y determinar la constelación de señales de la sub-portadora (16-QAM o 32-QAM).

CAPITULO III

SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL (Digital Radio Mondiale)

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las características y el funcionamiento del estándar de radiodifusión DRM sus servicios, bandas de frecuencia sobre las que trabaja, su estructura y sistemas que necesita para su transmisión.

Se detalla los componentes del sistema digital y tecnologías a ser utilizadas.

3.2. DESARROLLO DEL ESTÁNDAR

Este sistema se ha desarrollado de gran manera en Europa y se fija en la digitalización de las frecuencias de radiodifusión, DRM por tanto utiliza las mismas frecuencias que se usan en la actualidad.

El DRM es un sistema creado por el consorcio del mismo nombre, cuya misión era establecer un sistema digital para las bandas de radiodifusión con modulación de amplitud, Onda Larga (ondas kilométricas), Onda Media (ondas hectométricas) y Onda Corta (ondas decamétricas), por debajo de 30 MHz.

El Consorcio DRM fue creado en 1998 con los propósitos de definir requisitos, realizar el diseño y favorecer la introducción de un sistema de radiodifusión digital adaptado a las bandas de frecuencias inferiores a 30 MHz. La idea de aprovechar la excelente propagación de las bandas de bajas frecuencias y las ventajas que ofrecen los sistemas digitales de radiodifusión, permite mejorar la calidad y la fiabilidad de los servicios, manteniendo coberturas de gran alcance. En la figura III. 12. se ilustra el logo del consorcio:



FIGURA III. 12. LOGO CONSORCIO DRM.

Fuente: <http://www.universal-radio.com>

Los objetivos específicos del consorcio DRM en la definición del nuevo sistema digital de radiodifusión fueron los siguientes:

- Mejora significativa en la calidad del audio y en la fiabilidad.
- Compatibilidad con la gestión actual y futura del espectro de estas bandas (frecuencias asignadas y anchos de banda).
- Facilidad de uso y funciones avanzadas en los receptores.

- Disponibilidad de receptores de bajo coste mediante una especificación del sistema abierta y no propietaria.
- Migración de emisiones analógicas a las digitales.
- Reutilización máxima de las actuales infraestructuras para la radiodifusión digital.

En un periodo de tiempo relativamente corto, los miembros del consorcio DRM desarrollaron, realizaron pruebas y estandarizaron un nuevo sistema digital de radiodifusión, y el 16 de junio de 2003 se iniciaron las primeras emisiones regulares en España.

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. Desde entonces, el número de radiodifusores y de horas de emisión ha crecido de una forma importante (especialmente en HF) y los primeros receptores ya han sido desarrollados y probados.

3.3. EL ESTÁNDAR DRM

La implementación del sistema de radiodifusión digital DRM permite mejoras en la calidad del audio, reutilización de la infraestructura existente, capacidad para ofrecer nuevos servicios, mejoras en la recepción de la señal y uso de redes de frecuencia única.

El sistema DRM fue diseñado para entregar servicios de muy amplia cobertura, para coexistir y en el futuro reemplazar, las transmisiones de AM actuales a nivel mundial. Para lograr este objetivo, DRM necesita conservar los beneficios del estándar AM que actualmente posee:

- Un estándar universal
- Un sistema no propietario
- Suministro abundante de receptores baratos

Pero además de conservar también necesita adoptar las mejores características de los sistemas de comunicaciones últimos:

- Usar la capacidad total del canal de radiofrecuencia
- Caracterizarse por un sonido de alta fidelidad
- Flexible y adaptable a las distintas estaciones de propagación

Siendo así pues el sistema DRM, un servicio de banda estrecha, se diseña para cubrir condiciones de propagación, propias de la difusión por onda ionosférica de larga distancia (HF) así como la difusión, aunque con menos demanda, por onda superficial, normalmente asociada con transmisiones de media y baja frecuencia.

Por ende la migración hacia este nuevo sistema se haría de una manera paralela a la transmisión actual ya que se ocuparían los mismos canales que actualmente se utilizan además de que los receptores serán los mismos pero se aumentaría la calidad mejorada en la recepción un cambio que será notable obteniendo así un mejor audio, contenido más diverso en la programación con un incremento y todo esto se dará por la tecnología digital.

Hoy por hoy las bandas en FM se encuentran muy saturadas, y en AM la difusión es de muy mala calidad, con estos antecedentes la radiodifusión digital presenta muchas ventajas para las radiodifusoras o programadoras de radio que actualmente se encuentran posicionadas en el mercado y más aún para una ciudad donde el mercado principal es la radiodifusión comercial. Para los clientes finales, significara más programas adicionales con calidad de audio similar al FM monofónico en receptores de fácil utilización y limitados servicios de datos auxiliares.

3.3.1. Requerimientos DRM

Para el diseño de las especificaciones del sistema DRM existen requisitos importantes que se deben tomar en cuenta los cuales se describen a continuación:

- El más importante y mandatorio es que sea un sistema abierto (no propietario). El sistema debe ser abierto sin que sea necesaria la adquisición de ningún tipo de licenciamiento ya sea esto para la fabricación de transmisores y receptores. Parámetro fundamental que ayudara al despliegue del sistema de una manera más rápida y cómoda.
- El objetivo de las transmisiones que sean destinadas a receptores fijos, instalados en vehículos, portátiles y móviles.
- Que permita mantener las actuales canalizaciones esto se refiere a los anchos de banda atribuidos y frecuencias asignadas.
- Que permita tener la habilidad para que las transmisiones puedan ocupar una variedad de anchos de banda dependiendo de la situación y frecuencias usadas.

En América un canal tiene un ancho de banda de 10 KHz y se usa en la banda de onda media aunque en Europa hay un espaciado de 9 KHz. En las bandas de onda corta se ha adoptado un canal con un ancho de banda de 10 KHz. Pues es necesario que con estos requisitos el nuevo estándar pueda ser compatible para que pueda ofrecer la posibilidad de escoger otras opciones de ancho de banda para el futuro.

Deberá existir una relación de protección entre estaciones deberán ser similares a los actualmente exigidos para las estaciones de AM. Para que la transición entre sistemas se haga de manera escalable es imprescindible que las relaciones de protección exigibles sean de la siguiente manera AM-DRM, DRM-AM, DRM-DRM y que presenten similitud para las que actualmente se exigen para AM-AM.

Que el parámetro de calidad de audio ofrecida al oyente sea mejorado con relación a la ofrecida por las actuales tecnologías de AM. Las estaciones DRM deberán poder competir con las estaciones de FM actualmente disponibles. Los parámetros de calidad de audio se detallan a continuación:

- Robustez contra interferencias generadas por ruido industrial.
- Robustez contra desvanecimientos selectivos y propagación por trayectos múltiples.
- Robustez frente a interferencias originadas por estaciones que trabajan en el mismo canal o en un canal adyacente.
- Deberá superar a los actuales sistemas de FM.

Que sea posible la reutilización de los actuales transmisores AM (los más modernos) para la transmisión DRM. La mayoría de los actuales transmisores de AM utilizan algún tipo de modulación de alto nivel, que modula la amplitud de la señal variando la misma a la entrada de un amplificador de radiofrecuencia no lineal.

Poder transmitir pequeñas capacidades de datos relacionados con el programa y servicios de datos adicionales. No sólo proporciona información requerida para decodificar la señal sino también permite transmitir datos de soporte del programa que puedan ser utilizados por el usuario para la identificación del programa, sintonía de la estación, frecuencias alternativas, etc.

Que contenga la característica de flexibilidad para los radiodifusores de elegir entre la amplitud de la cobertura y calidad del servicio para una determinada potencia de emisión. El servicio local facilitado por la onda de superficie, suele tener poca interferencia cocanal o canal adyacente, por lo que necesita una pequeña protección contra errores (podría admitir elevada velocidad de datos). Por el contrario, un servicio de larga distancia por onda ionosférica tiene el riesgo de soportar retardos de propagación, interferencia y pobre relación señal/ruido. El objetivo principal es que el radiodifusor deberá ser capaz de

llegar a una solución de compromiso entre capacidad de transmisión de datos y robustez, y maximizar la transmisión de datos dentro de la capacidad del canal.

3.3.2. Características Generales Sistema DRM

El sistema DRM está diseñado para ser usado en cualquier frecuencia debajo de los 30 MHz, es decir dentro de las bandas de transmisión de onda larga, onda media y onda corta, con las limitaciones de canalización y las variables condiciones de propagación a lo largo de estas bandas.

Están disponibles diferentes modos de transmisión que satisfacen estas limitaciones de operación. Un modo de transmisión se define por parámetros de transmisión clasificados en dos tipos:

- Parámetros relacionados con el ancho de banda de la señal
- Parámetros relacionados por la eficiencia de la transmisión

El primer tipo de parámetros definen la cantidad total de ancho de banda de la frecuencia para una transmisión.

El segundo relacionado con la eficiencia permite un intercambio entre la capacidad (tasa de bit útil) y distinción al ruido, multitrayecto y efecto Doppler.

El desplazamiento Doppler, la dispersión Doppler y la dispersión por retardo son tres fenómenos de propagación que pueden afectar a la recepción:

- El desplazamiento Doppler es la diferencia en frecuencia entre la señal transmitida y la recibida debido al movimiento relativo entre la fuente y el receptor. La propagación por onda ionosférica también puede causar un desvío de la frecuencia.
- La dispersión Doppler es la máxima diferencia entre los desplazamientos Doppler cuando se recibe más de una señal a través de distintos trayectos de transmisión.

- La dispersión por retardo es la máxima diferencia en los tiempos de llegada al receptor de las distintas señales recibidas a través de diferentes trayectos de transmisión.

3.3.3. Arquitectura DRM

A continuación se muestra el diagrama principal de los elementos que forman parte del sistema DRM:

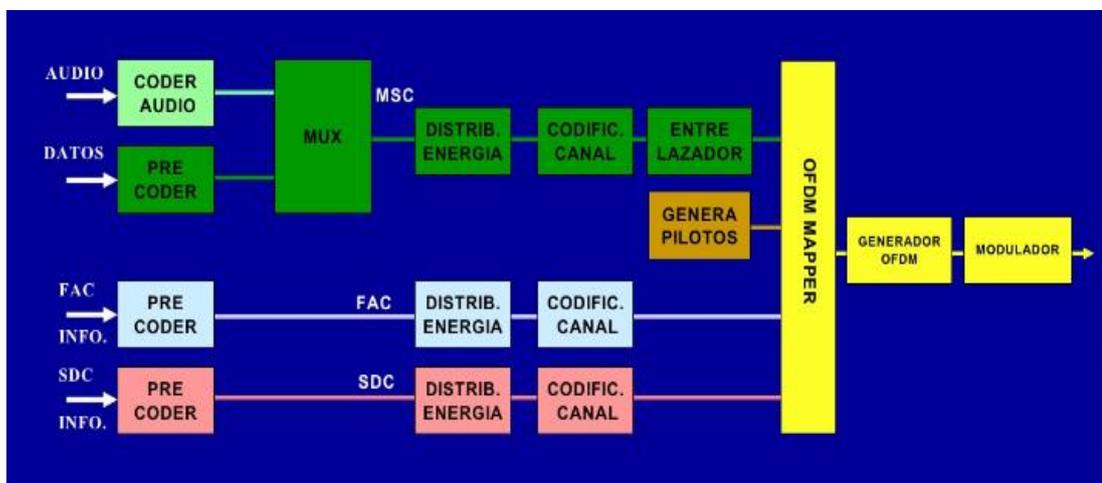


FIGURA III. 13. ARQUITECTURA SISTEMA DRM.

Fuente: <http://www.slideshare.net/Abasota/introduccion-al-sistema-drm>.

En el diagrama de la figura III. 13. se representa la arquitectura DRM, a la entrada tenemos dos tipos de información:

- Audio y datos codificados que se combinan en el multiplexor de servicio principal.
- Canales de información denominados Canal de Acceso Rápido (FAC) y Canal de Descripción del Servicio (SDC) que evitan el multiplexor.

El codificador de fuente de audio y los precodificadores de datos aseguran la adaptación de los trenes de entrada a un formato de transmisión digital

apropiado. Para el caso de un codificador de fuente de audio, esta funcionalidad incluye las técnicas de compresión de audio. Las salidas del codificador de fuente y las secuencias de datos precodificados pueden comprender dos partes que requieren diferentes niveles de protección dentro decodificador de canal siguiente. Todos los servicios tienen que usar los mismos dos niveles de protección.

El multiplexor combina los niveles de protección de todos los servicios de datos y audio. Los datos a la salida del codificador de fuente son multiplexados con el resto de datos asociados al programa resultando lo que se denominan datos útiles.

La dispersión de energía proporciona un complemento determinístico y selectivo de bits para reducir la posibilidad de que patrones sistemáticos resulten en una regularidad no deseada de la señal transmitida.

El tren de bits resultante es sometido al codificador de canal que agrega información redundante para la corrección de errores, incrementa su robustez para la transmisión libre de error y define la correspondencia de la información codificada digital con celdas QAM.

El sistema tiene la capacidad, si el radiodifusor lo desea, de transportar dos categorías de bits, estando una categoría mejor protegida que la otra.

La codificación de fuente reduce la tasa de bit de datos, mientras que la codificación de canal la incrementa

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

El generador piloto inyecta información, proporciona recursos que permite que el receptor obtenga información de igualación de canal, logrando así la demodulación coherente de la señal.

El generador de señales OFDM transforma cada conjunto de celdas con el mismo índice temporal a una representación de la señal en el dominio del tiempo. Consecutivamente, el símbolo OFDM completo en el dominio del tiempo se obtiene a partir de esta representación insertando un intervalo de guarda.

El modulador convierte la representación digital de la señal OFDM en una señal analógica que será transmitida por un transmisor/antena por el aire, esencialmente las representaciones de fase/amplitud, modulando las subportadoras de RF.

Con un transmisor de alta potencia no lineal, la señal es separada primero en sus componentes de amplitud y de fase para la inyección en la entrada de audio del modulador y circuitos de manejo de frecuencia respectivamente y después es recombinada (por la acción del propio transmisor) antes de la emisión final. Esta técnica de división de amplitud y fase no se requiere en el caso de un transmisor que usa la amplificación lineal. En este caso la señal compuesta OFDM se aplica a la entrada del transmisor en lugar de la usual señal de entrada AM analógica.

En recepción, el receptor primero adquiere la sincronización con la señal, entonces se invierten las fases de transmisión por medio de los procesos siguientes:

1. La demodulación
2. La decodificación del canal (corrigiendo los errores de transmisión)
3. Demultiplexación de los datos transmitidos en las componentes de las secuencias
4. Decodificación de fuente (para obtener una señal de audio de una secuencia de audio).

3.3.3.1. Transmisión del Sistema

Por otro lado los sistemas de radiodifusión digital comprenden conceptualmente distintas etapas de transmisión:

Codificación de la fuente:

1. La señal de audio se convierte en digital, normalmente con una reducción de la velocidad binaria conforme a las características de la señal. Esto se conoce como codificación de la fuente.
2. El audio codificado se multiplexa con otras señales de datos que conforman la señal a transmitir.

Codificación del canal:

1. Los datos multiplexados se someten a la codificación del canal para incrementar su robustez y adaptarse al medio de transmisión.
2. Los datos codificados se convierten en una señal de radiofrecuencia para su transmisión

La eficiencia de la codificación de fuente tiene que ser muy alta para lograr una buena calidad de audio. Un requisito para los codificadores de fuente es que también tienen que trabajar en los canales propensos al error debido a que, los sistemas de transmisión inalámbricos nunca obtienen transmisiones libres de error. Basado en varias pruebas de escucha dentro del consorcio DRM, realizadas en parte junto con MPEG, se escogieron los algoritmos de codificación de voz y audio que son parte del estándar MPEG-4, que entregan óptima calidad de sonido a una tasa de bit dada. Estos diferentes esquemas de codificación de fuente son:

1. MPEG 4 AAC + SBR: hasta 72 kbit/s estéreo
2. MPEG 4 CELP+SBR: entre 4 y 20 kbit/s sólo voz
3. MPEG 4 HVXC+SBR: entre 2 y 4 kbit/s sólo voz

Codificación de audio **AAC** (Advanced Audio Coding) para radiodifusión en mono o estéreo, con protección frente a errores.

Codificación de voz **CELP** (CodeExcited Linear Prediction) para radiodifusión en mono, cuando se requiere baja velocidad binaria o alta protección frente a errores.

Codificación de voz **HVXC** (Harmonic Vector eXcitationCoding) cuando se requiere muy baja velocidad binaria y protección frente a errores.

Además, con cualquiera de estas opciones puede utilizarse un método para la reconstrucción de las bandas altas (SBR, Spectral Band Replication), con el fin de mejorar la calidad percibida del audio, utilizando de forma dinámica el contenido espectral de la información en la banda baja, para simular en la recepción la información de la banda alta, eliminada previamente a la transmisión.

Codificador de datos

La codificación básica de datos se basa en MOT (Objetos de Transferencia Multimedia). Los datos codificados son realizados en formatos de texto (ASCII o HTML) y los gráficos en formato (GIF, BMP, PNG o JPEG).

3.4. MULTIPLEX DRM

El multiplexor transporta tres componentes, que juntos suministran la información necesaria para que el receptor sincronice la señal y determine qué parámetros se han utilizado en la codificación para, de esta forma, poder decodificar los canales de audio y datos contenidos en el múltiplex.

Estos tres componentes son:

a) Audio y datos, que se combinan en el multiplexor de servicio principal formando un flujo denominado canal de servicio principal (MSC, Main Service Channel).

Además del canal de servicio principal, el múltiplex transporta dos canales subsidiarios de información, cuya función es que el receptor pueda identificar los parámetros de transmisión y de decodificación, y que se denominan:

b) Canal de acceso rápido (FAC, Fast Access Channel)

c) Canal de descripción de servicio (SDC, Service Description Channel).

MSC (Main Service Channel)

El canal de servicio principal contiene la información de todos los servicios contenidos en el múltiplex. El múltiplex puede contener de 1 a 4 servicios, y cada servicio puede, a su vez, ser bien de audio o de datos. En forma de ejemplo, si contamos con suficiente capacidad, podemos optar por un servicio de alta calidad conteniendo música y voz, junto con un servicio de voz de baja velocidad binaria transportando un servicio de noticias continuo, o bien un grupo de cuatro canales de voz simultáneos de baja velocidad transportando servicios de noticias en cuatro lenguas diferentes.

La velocidad binaria del canal de servicio principal depende del ancho de banda del canal y del modo de transmisión.

FAC (Fast Access Channel)

El canal de acceso rápido se utiliza para la selección rápida de la información del servicio. Contiene información sobre parámetros del canal, por ejemplo, ancho de banda, qué tipo de modulación se utiliza por el canal de servicio principal y el canal de descripción del servicio, la profundidad del entrelazado, y el número de servicios que contiene el canal de servicio principal junto con el nombre de esos servicios. También contiene información sobre los servicios y el múltiplex.

SDC (Service Description Channel)

El canal de descripción del servicio contiene la información para decodificar el canal de servicio principal. Una vez la información en el FAC ha sido resuelta el receptor puede empezar a decodificar la información llevada en el SDC. Entre otras cosas, el SDC describe en detalle cómo decodificar los servicios contenidos en el MSC, cómo encontrar fuentes alternativas de los mismos servicios o relacionados, en qué región(es) y cuando ellos están disponibles y da los atributos a los servicios dentro del múltiplex.

3.4.1. Frecuencias Alternativas

El sistema DRM puede señalar las frecuencias alternativas para todo el múltiplex DRM o algunos servicios del múltiplex DRM sintonizado para permitirle al receptor responder a los problemas de recepción, cambiando de forma automática y rápida a una frecuencia alternativa que proporcione mejores condiciones de recepción.

Además, el sistema DRM puede señalar anuncios por ejemplo tráfico o anuncios de noticias, así que el receptor puede cambiar automáticamente a otro servicio DRM o incluso a otro sistema de transmisión mientras un anuncio esté activo.

Estas dos características de señalización y cambio de frecuencias alternativas usan una combinación de entidades de datos SDC.

Usando la característica de Frecuencia Alternativa, la programadora puede señalarle al receptor las frecuencias alternativas en los siguientes casos:

- Cuando el múltiplex DRM completo es transmitido de manera idéntica y síncrona en otras frecuencias; el receptor puede verificar si recibe el múltiplex DRM idéntico en las frecuencias indicadas y también su calidad de recepción; si lo requiere el receptor, puede cambiar al instante de una frecuencia a otra sin la interrupción del servicio.

- Cuando se transmite el múltiplex DRM completo con todos los servicios con los mismos identificadores de servicio pero con diferentes parámetros de canal y/o tiempo del múltiplex (asíncrono); los cambios de frecuencia causan una interrupción de servicio.
- Cuando se sintonizan algunos servicios del múltiplex DRM, el cambio de frecuencia causa una interrupción del servicio; estos servicios pueden estar disponibles en otros múltiplex DRM que usan los mismos identificadores de servicios en otros sistemas de transmisión (por ejemplo AM, FM, DAB) u otros múltiplex DRM que usan un identificador de servicio diferente.

3.5. MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CANAL

El sistema DRM utiliza modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Múltiplex), es decir, una codificación que se inserta en un múltiplex por división de frecuencia, con la particularidad de que estas frecuencias están uniformemente espaciadas de forma que son ortogonales, para transmitir los datos del múltiplex (MSC, FAC y SDC) descrito anteriormente. Se compone de una combinación de técnicas que combaten los efectos adversos de la propagación que se producen en la bandas de OM, OL y OC.

El sistema OFDM utiliza un gran número de subportadoras, moduladas individualmente, espaciadas en frecuencia de forma uniforme, que transportan la información. En el sistema DRM el número de subportadoras varía desde 88 a 458, dependiendo de modo y del ancho de banda ocupado.

En la codificación del canal COFDM encontraremos los siguientes parámetros:

- 4 modos de transmisión: A, B, C y D
- Modulación con 3 tipos de modulaciones
- 4-QAM y 16-QAM para el SDC
- 16-QAM y 64-QAM para el MSC

- Modulación jerárquica
- 4 niveles de protección: 0, 1, 2 y 3
- 2 profundidades de entrelazado
- Capacidad de transmisión hasta 72 kbit/s
- 6 anchos de banda: 4,5; 5; 9; 10; 18; 20 kHz
- Protección de error: igual o desigual

Las subportadoras se modulan con modulación de amplitud en cuadratura (QAM). En la tabla II. V. se indica los modos de transmisión, la codificación del canal de servicio principal se puede utilizar 64 QAM, que proporciona mayor eficiencia espectral, y 16 QAM que proporciona las características más robustas para protección de errores. En cada uno de los casos se pueden utilizar diferentes niveles de protección frente a errores.

En la codificación del canal de acceso rápido se utiliza modulación 4 QAM, con una relación de protección fija.

MODO	MSC	SDC	FAC
Alta calidad	64 QAM	16 QAM	4 QAM
Robustez	16 QAM	4 QAM	4 QAM

TABLA III. V. MODOS DE TRANSMISIÓN Y MODULACIONES.

Fuente: Recommendation ITU-R BS.1615/Planning parameters for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz.pdf

La modulación 16 QAM proporciona mayor capacidad, mientras que la 4 QAM proporciona una característica más robusta frente a errores.

Cada símbolo OFDM está constituido por un conjunto de subportadoras que se transmiten durante un tiempo TS. La duración del símbolo es la suma de dos partes: una parte útil con duración TU (el espacio en frecuencia entre portadoras adyacentes es $1/TU$ para conseguir que sean ortogonales) y un intervalo de guarda con duración TG. El intervalo de guarda consiste en una continuación cíclica de la parte útil, TU, que se inserta delante de la misma como se muestra en la figura III. 14. Siguiente:

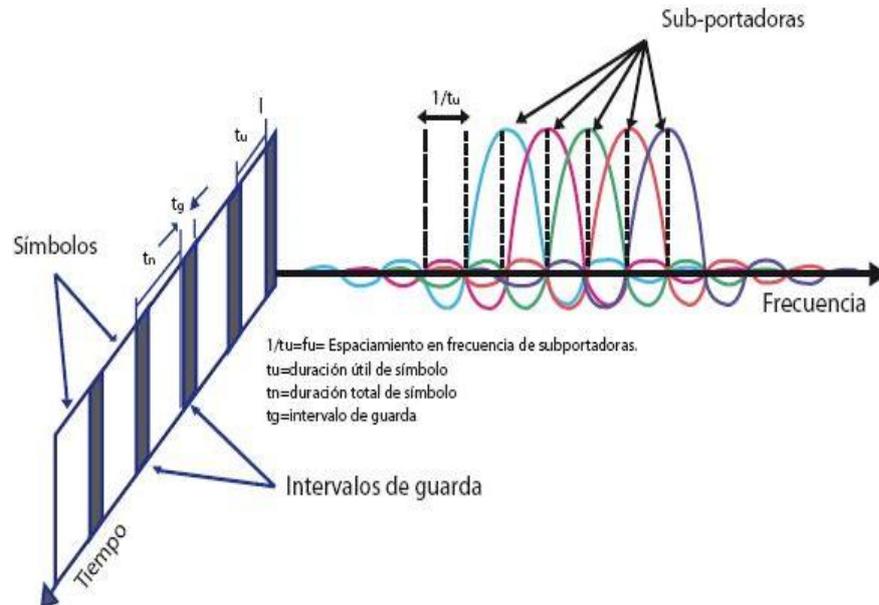


FIGURA III. 14. SÍMBOLOS OFDM.

Fuente: Ing. invest. y tecnol. vol.13 no.1 México ene./mar. 2012. Pdf

Esto permite diseñar redes de frecuencia única y evitar los problemas de la recepción multitrayecto, consiguiendo que la mayor parte de las señales que entran en el receptor se sumen, es decir, que contribuyan positivamente a la recepción.

Parámetros relevantes de la codificación del canal:

- Modos del sistema DRM
- Ocupación del espectro
- Modulación y niveles de protección

3.5.1. Modos del Sistema DRM

Están definidos cuatro modos de transmisión, A, B, C y D, con distintos parámetros, que son útiles tanto en condiciones de propagación favorables como es la propagación de onda de superficie en la banda de ondas hectométricas, como en condiciones de propagación desfavorables, como es la propagación por onda ionosférica con trayectos múltiples a larga distancia en la

banda de ondas decamétricas. En la siguiente tabla III. VI. se detalla los tiempos en cada modo de transmisión:

Modo de Transmisión	Duración TU	Duración intervalo de guarda TG	Duración símbolo TS = TU + TG
A	24 ms	2,66ms	26,66ms
B	21,33 ms	5,33ms	26,66ms
C	14,66 ms	5,33ms	20ms
D	9,33 ms	7,33ms	16,66ms

Tabla III. VI. SÍMBOLOS OFDM DE LOS MODOS DE TRANSMISIÓN DRM.

Fuente: Recommendation ITU-R BS.1615/Planning parameters for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz.pdf

La propagación en las bandas de OM, OL y OC se produce mediante onda de superficie, donde el ruido eléctrico es el factor adverso predominante, y onda ionosférica, con canales variables con distintos grados de complejidad, donde los factores adversos son: el retardo diferencial y los efectos Doppler.

En algunas circunstancias, la señal llega al área de cobertura con ambos tipos de propagación; en estos casos la señal recibida será la suma de las señales que lleguen por diferentes caminos más el ruido presente en el lugar de recepción.

Para superar estos factores adversos, el sistema DRM ha sido diseñado con 4 modos distintos, según el tipo de propagación, y en cada uno de estos modos es posible elegir el tipo de modulación y la velocidad binaria de codificación. Es necesario seleccionar la combinación óptima de los parámetros, dependiendo de las condiciones de propagación particulares, que permita asegurar que la señal es recibida con la calidad más alta posible para cumplir con la calidad del servicio y cobertura deseados.

Modo de Transmisión	Condiciones típicas de propagación	Bandas de frecuencias
A	Canales de onda de superficie con desvanecimiento reducido	Ondas kilométricas y hectométricas
B	Canales selectivos en tiempo y frecuencia con dispersión de retardo superior	Ondas hectométricas y decamétricas
C	Como el modo de robustez B pero con dispersión Doppler superior	Sólo ondas decamétricas
D	Como el modo de robustez B pero con retardo y efecto Doppler superior	Sólo ondas decamétricas

Tabla III. VII. BANDAS DE PROPAGACIÓN SEGÚN LOS MODOS DRM.

Fuente: Recommendation ITU-R BS.1615/Planning parameters for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz.pdf

En la tabla III. VII. Se detalla como el modo A está diseñado para entregar la velocidad de codificación binaria más alta posible con cobertura por onda de superficie. El modo B será generalmente la primera opción para los servicios con cobertura por onda ionosférica. Cuando las condiciones de propagación son más duras, tales como en trayectos largos, con saltos múltiples o incidencia casi vertical, donde se producen fuertes y varias reflexiones, puede ser necesario emplear los modos C o D.

En todos los casos existe la opción de escoger, bien 64 QAM o bien 16 QAM para el MSC, y esta elección tendrá influencia en la relación señal/ruido esperada en el área de servicio. Cuando empleando 64 QAM obtenemos una relación señal/ruido muy baja, y nos interesa que sea más alta, la sustituiremos por una modulación 16 QAM.

Los modos más robustos tienen el efecto de reducir la velocidad binaria disponible y, por tanto, la calidad de audio.

Para cada modo de transmisión, la anchura de banda ocupada de la señal puede elegirse en función de la banda de frecuencia (OM, OL, OC) y de la aplicación deseada. El modulador convierte la representación digital de la señal

OFDM en una señal analógica, que es transmitida, después de la correspondiente amplificación, a la antena.

Si se utiliza un transmisor no lineal de alta potencia, antes de modular la señal OFDM se divide en dos componentes: amplitud y fase, que se inyectan al modulador. En el caso de que se utilicen transmisores con modulación lineal, la señal compuesta OFDM se aplica directamente a la entrada del modulador.

Muchos de los transmisores utilizados actualmente se pueden modificar para transportar señales DRM; es el caso de los transmisores con los que se hacen pruebas de difusión DRM como se indica en la figura III. 15.

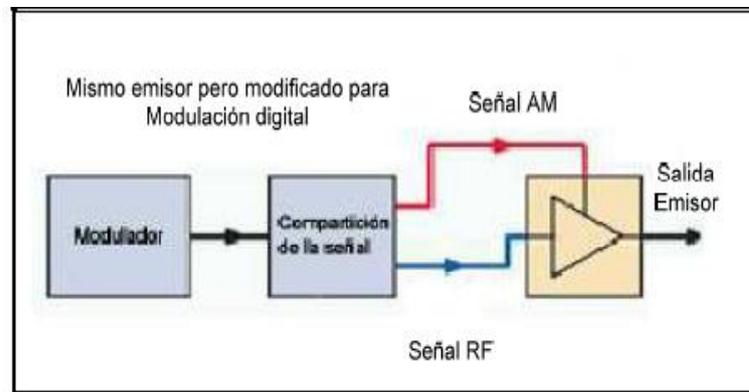


FIGURA III. 15. REPRESENTACIÓN DE UN EMISOR PARA SEÑAL DIGITAL Y AM.

Fuente:<http://www.rtve.es/drm/nlegales.html>

3.5.2. Estructura de transmisión de la supertrama DRM.

Toma el nombre de supertrama ya que está constituida por tres tramas de transmisión. Cada trama de transmisión consiste en N_s símbolos OFDM. Es importante notar que todos los símbolos OFDM siempre tienen datos e información de referencia. Para los modos de transmisión A y B el $N_s = 15$, para el modo C $N_s = 20$, y para el modo D $N_s = 24$.

La trama de transmisión OFDM contiene celdas de datos o celdas MSC, celdas de control y celdas piloto. La estructura de la supertrama se muestra en la figura III. 16.

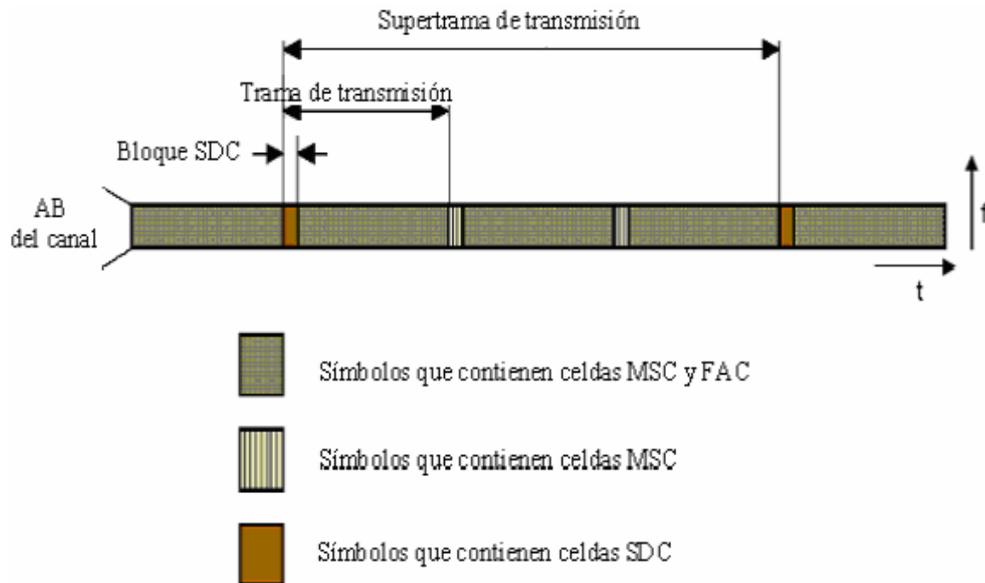


FIGURA III. 16. ESTRUCTURA DE LA SUPERTRAMA DRM.

Fuente: [http://www.slideshare.net/Introducción al Sistema Digital Radio Mondiale \(DRM\)](http://www.slideshare.net/Introducción%20al%20Sistema%20Digital%20Radio%20Mondiale%20(DRM))

3.5.2.1. Celdas de Control

Las celdas de control consisten de dos partes:

- Celdas FAC: integradas en cada trama de transmisión. Las celdas FAC llevan símbolos QAM muy protegidos, se usa para obtener rápidamente la información necesaria para que el receptor pueda demodular la señal DRM;
- Celdas SDC: repetido en cada supertrama de transmisión. Contiene toda la información adicional que describe los servicios actualmente disponibles. El SDC también se usa para el cambio de frecuencias alternativas (AFS).

3.5.2.2. Celdas piloto

Estas tienen un doble propósito: por un lado pueden usarse para la trama de transmisión, frecuencia y sincronización de tiempo. Por otro lado, se usan para la estimación del canal.

El sistema DRM distingue tres tipos de celdas piloto:

Celdas de referencia de frecuencia

Las celdas de referencias de frecuencia se usan por el receptor para detectar la presencia de la señal recibida y estimar su desplazamiento de frecuencia. Estas también pueden usarse para la estimación del canal y varios procesos de rastreo. Siempre están presentes durante las transmisiones de señales DRM en ciertas sub-portadoras.

Celdas de referencia de tiempo (trama de transmisión)

Estas celdas de referencia de tiempo se localizan en el primer símbolo OFDM de cada trama de transmisión. Su propósito principal es lograr una sincronización fiable de trama de transmisión. Las celdas de referencia de tiempo son principalmente usadas para realizarla resolución de ambigüedad, ya que la correlación del tiempo de guarda proporciona una rápida y rigurosa estimación de frecuencia y tiempo de llegada con una periodicidad de un símbolo. Estas se usan para determinar el primer símbolo de una trama de transmisión.

Celdas de referencia de ganancia

La cantidad más grande de celdas piloto son las celdas de referencia de ganancia. Son principalmente usadas para la demodulación coherente. Estas celdas se dispersan igualmente a lo largo de la dirección del tiempo y de frecuencia y se usan por el receptor para conseguir una estimación apropiada de la función de transferencia del canal.

3.6. INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN

El sistema DRM se diseñó como un sistema de migración para la radiodifusión analógica actual hacia la digital.

Sin embargo también fue diseñado para permitir que las nuevas transmisiones digitales puedan co-existir con las transmisiones de AM actuales y permite que los transmisores analógicos útiles sean modificados para cambiar fácilmente entre las transmisiones digitales y analógicas. Esto puede reducir

significativamente el costo de la inversión inicial para una estación que desea emigrar progresivamente a los servicios de DRM.

Consta básicamente de:

- Proveedor de contenidos
- Modulador
- Transmisor (sistema de potencia)
- Sistema radiante de transmisión y sistema de recepción.

Los equipos adicionales que deben adquirir las estaciones analógicas para transmitir en digital serían el proveedor de contenidos y el modulador si su transmisor es válido para hacer la conversión. El equipo que ya tienen para brindar el servicio analógico pueden seguirlo empleando, sobre todo en la etapa de transición hacia esta tecnología pues esta etapa puede durar algunos años. En el gráfico de la figura III. 17. se muestra los elementos básicos de la infraestructura DRM.

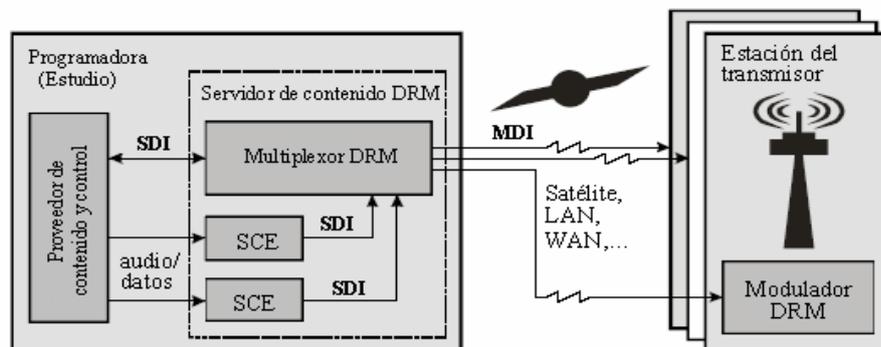


FIGURA III. 17. INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DRM.

Fuente: ETSI ES 201 980 Digital Radio Mondiale (DRM) – System Specification

3.6.1. Proveedor de contenidos DRM

El Codificador de Componente de Servicio (SCE), que codifica el audio y/o datos proporcionados por el estudio, está conectado al multiplexor de DRM a través de la interfaz de distribución de servicio (SDI). Puede haber hasta cuatro SCEs que alimentan simultáneamente al multiplexor, proporcionando la codificación de audio o información de datos.

La multiplexación y la codificación de audio se basan en tramas de 400 ms de duración, por consiguiente la colocación de los codificadores a cierta distancia del multiplexor requiere que ellos estén conectados a una referencia de sincronización de tiempo, como un GPS, para reunir el requisito de estabilidad a largo plazo de los 400 ms de trama.

Están disponibles los Proveedores de Contenido de DRM, el cual combina los SCEs y el multiplexor en un solo sistema deservidor.

3.6.2. Multiplexor DRM

El multiplexor de DRM está conectado al modulador de DRM a través de la interfaz de distribución del múltiplex (MDI).

Los datos se envían asincrónicamente en paquetes. Por consiguiente pueden usarse una gran variedad de mecanismos de transporte básicos, como UDP/IP, líneas seriales, satélite, WAN, LAN, e ISDN. Cuando el múltiplex se basa en tramas DRM de 400 ms y la transmisión de datos se efectúa asincrónicamente, el multiplexor y el modulador de DRM deben poseer su propia fuente de sincronización de tiempo (GPS o el Protocolo de Red de Tiempo (NTP)), para asegurar la estabilidad a largo plazo de estas tramas.

Así se transporta el múltiplex DRM (MSC, FAC, SDC) junto con toda la información necesaria para ejecutar el modulador de DRM con las opciones correctas (modo de robustez, opciones de tiempo para SFN etc.) e información propietaria optativa del multiplexor al modulador.

No todos los transmisores que están hoy en uso son capaces de ser actualizados para el funcionamiento digital, el cual depende de la capacidad de muchas portadoras de DRM individuales (aproximadamente 200) para llevar los bits digitales con precisión sobre el ancho de banda asignado.

Para ser apto para DRM, un transmisor debe poder reunir un ancho de banda severo, retraso de grupo y características técnicas del ruido, etc.

3.6.3. El Transmisor

El requisito fundamental es que éste funcione como un amplificador lineal. La señal DRM no debe distorsionarse en el proceso de amplificación de potencia, si esto ocurre, se introducirán errores, la tasa de error de bit (BER) puede caer a niveles inaceptables y la señal DRM entregada sería inutilizable. Para evitar la distorsión, el amplificador de potencia debe tener una función de transferencia lineal tal que la señal de salida sea una réplica exacta de la entrada pero a un nivel de potencia más alto.

Otro factor que tiene que estar presente para un amplificador de DRM es el factor de cresta promedio de la señal DRM. El nivel de potencia de una señal DRM generalmente se expresa en términos su valor medio o promedio; sin embargo la variación en la amplitud pico instantánea de las portadoras puede causar que este valor se exceda en una cantidad significativa. Típicamente, una señal DRM tiene un factor de cresta promedio de 10 dB, así un amplificador que produce una señal, teniendo una potencia promedio de 10 kW, debe tener una capacidad de potencia máxima de 100 kW.

A las transmisiones de DRM se aplica la misma máscara espectral de las transmisiones analógicas AM para evitar la interferencia indebida a los canales adyacentes ya que todos los transmisores, sean AM o DRM, generarán potencia fuera del ancho de banda necesario para la transmisión de la señal deseada. Así, con las modificaciones adecuadas en las pruebas de campo efectuadas para el sistema DRM, la planta de transmisión de AM analógico puede proporcionar servicios DRM conformes con la máscara espectral exigida para el servicio analógico. Se hace referencia a la máscara espectral DRM en la siguiente figura III. 18.

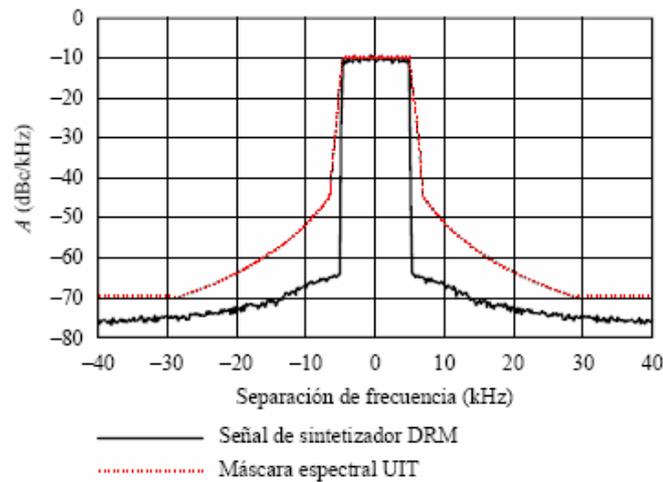


FIGURA III. 18. MÁSCARA ESPECTRAL Y DRM

Fuente: [http:// es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3](http://es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3) ITU-R SM. 328.

3.6.4. Sistemas de la Antena.

El enlace final en la cadena de entrega de DRM, que está bajo el control de la programadora, es el sistema de antena.

El primer interés está en el ancho de banda; para las antenas de LF (Low Frecuency)/MF (Medium Frecuency), los anchos de banda adecuados serán muy importantes, donde señales DRM de 18 o 20 KHz serán radiadas o donde señales análogas de 9 o 10 KHz serán radiadas en canales adyacentes en los modos simulcast.

3.6.4.1. Clasificación de las antenas

Las antenas para la transmisión en el sistema DRM se clasifican de la siguiente manera:

- Antenas de HF
- Antenas de MF
- Antenas de LF

3.6.5. Supervisión del transmisor

DRM requiere una supervisión diferente que la normalmente usada para la radiodifusión, para lo cual se ha desarrollado un “demodulador” de DRM para monitorear la salida de los transmisores de DRM a la espera de que los equipos apropiados estén disponibles lo más pronto posible.

Una solución inmediata y simple de monitoreo es emplear un software receptor, que proporcione los 12 KHz necesarios de salida. El decodificador puede implementarse fácilmente en un PC portátil, que se fija junto al transmisor de DRM con la salida de audio dirigida en la sistema de monitoreo de la estación, o el sistema puede ser incluido como parte del soporte que el ingeniero de mantenimiento debe poseer al visitar los sitios del transmisor. Este simple sistema permitirá la básica supervisión y verificación del programa a ser llevado a cabo en el transmisor.

3.6.6. Receptores

El receptor debe ser capaz de detectar el modo del sistema DRM que se está transmitiendo y tratarlo adecuadamente. Para ello se utilizan datos del FAC y del SDC.

Una vez identificado el modo apropiado, el proceso de demodulación es el inverso al proceso realizado en el transmisor. También se incorporan otros datos que facilitan al receptor los servicios que están presentes y como se ha de efectuar la decodificación de la fuente del servicio de audio.

Los primeros receptores de DRM se desarrollaron para proporcionar dispositivos de supervisión profesional y demostrar el funcionamiento del sistema.

Algunos de los receptores profesionales usan técnicas digitales pero muy flexibles en todo el receptor. Sin embargo, en el hecho de combinar un front-end de un receptor de comunicaciones analógico existente, para proporcionar la sintonización y selectividad de la señal, con un PC para proporcionar la

demodulación de la señal, demultiplexación y decodificación de audio, sería posible usar la flexibilidad de un PC sin invertir en un front-end especialmente desarrollado para técnicas digitales.

Con este hecho un receptor existente fue modificado, por la adición de un downconverter de IF final, para producir una señal final de IF centrada en 12 kHz. Como las señales DRM pueden tener anchos de banda, entre 4.5 kHz y 20 kHz, el espectro de la señal está totalmente contenido dentro del rango de una tarjeta de entrada de audio estándar para PC, si la frecuencia de muestreo de la conversión análoga a digital se coloca a 48 kHz, o superior.

Si la velocidad de procesamiento del PC es suficiente, todo el procesamiento de la señal DRM puede llevarse a cabo solamente dentro de un software de aplicación que corre en una PC. Proceso que se indica en la figura III. 19. a continuación:

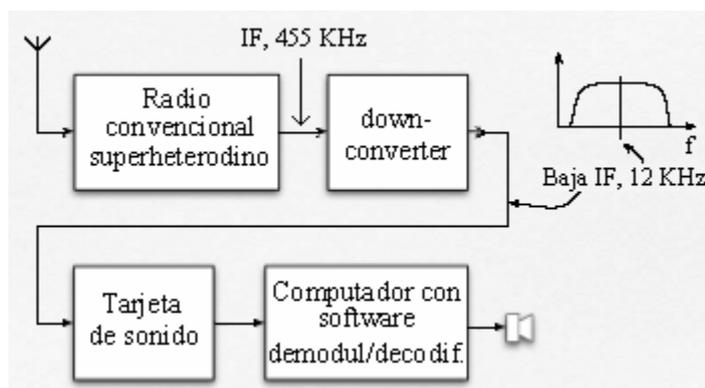


FIGURA III. 19. PROCESAMIENTO DEL RECEPTOR DRM

Fuente: [http:// es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3](http://es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3)

Existe un software receptor de DRM que está disponible en la plataforma de navegación como un software de descarga de bajo precio. Hay también una opción para comprar, por un costo adicional, un pequeño down-converter de 455 kHz a 12 kHz, que permite la modificación de una gama amplia de receptores de comunicaciones existentes.

Para que se desarrollen los receptores DRM para el consumidor, los chips apropiados de alto procesamiento integrado tienen que estar disponibles. Estos chips pueden desarrollarse para proporcionar una plataforma de recepción para

DRM específicamente o basarse en un chip procesador existente para el consumidor, diseñado para proporcionar una plataforma de procesamiento digital de propósito general para las aplicaciones del equipo del consumidor.

3.7. OTROS SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN

3.7.1. Redes de Frecuencia Única (SFN)

Esta red es un tipo de radiodifusión donde distintos transmisores emiten la misma señal en el mismo canal de frecuencia. Análogamente con los sistemas de radiodifusión de FM y de AM, los sistemas de radiodifusión digital también pueden operar de este modo.

Para poder extender la cobertura a menudo se suele utilizar redes sincronas, pero este efecto presentara siempre problemas con interferencia mutua en por lo menos algunas partes de las áreas de traslape. Esto normalmente requiere el uso de frecuencias adicionales para complementar la cobertura en estas áreas. Las Redes de Frecuencia Única son redes de radiocomunicaciones constituidas por transmisores que emiten la misma programación por el mismo canal radioeléctrico o bloque de frecuencias, según sea el caso, a una zona geográfica sin que esto provoque interferencias mutuas.

El área de cobertura puede variar ya que la zona geográfica puede ser tan pequeña como es el caso de una localidad o tan grande como un país, tomando en cuenta que cuanto más grande sea la zona más difícil será, de manera técnica, asegurar el sincronismo entre los transmisores.

En las redes de frecuencia única, los transmisores y los receptores normalmente están sincronizados con los otros mediante GPS o una señal emitida por la estación base principal o por un reloj de referencia.

En consecuencia la tecnología digital terrenal permite el uso de este tipo de redes ya que posee grandes ventajas como el aprovechamiento óptimo, racional y eficaz del espectro radioeléctrico al permitir re-utilizar una sola frecuencia, incluso dentro del área de cobertura del primer transmisor sin interferencia mutua, pero tiene el inconveniente de no permitir la regionalización de la programación, es decir emisiones diferenciadas en su zona geográfica de servicio. Se representa la simulación SFN en la siguiente figura III. 20.

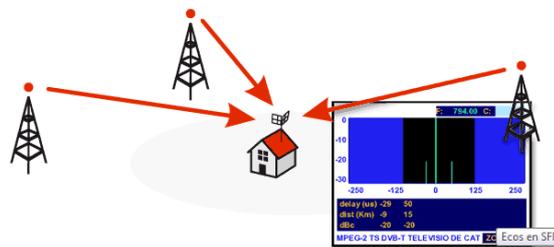


FIGURA III. 20. SIMULACIÓN DE REDES SFN

Fuente: <http://www.antenasaz.com>

Un arreglo para una SFN usa transmisores con la misma frecuencia. Todas estas señales deben llegar cronometradas para reforzarse una a otra y la recepción debe mejorar en esa área en comparación a la que se obtiene con un transmisor. Las señales transmitidas deben ser idénticas para que ocurra el refuerzo, en lugar de interferencia.

3.7.2. Redes Multifrecuencia (MFN)

Las redes de frecuencia múltiple (MFN o MultipleFrequency Network) es un tipo de red donde distintas frecuencias (canales de RF o radiofrecuencias) son utilizados para transmitir contenido audiovisual, son aquellas integradas por transmisores que emiten en diferentes canales o frecuencias para dar cobertura a una amplia zona geográfica. Si bien emplea mayor cantidad del espectro radioeléctrico también permite la regionalización de sus programas. Las redes analógicas de difusión de televisión son redes multifrecuencias, pero también se puede utilizar este tipo de redes en la televisión digital.

El uso de redes MFN permite mejor provecho del espectro en las bandas de televisión en comparación con las que se usan en televisión analógica.

3.7.3. Simulcast

Simulcast presenta una opción de interés particular de las programadoras para continuar satisfaciendo a los oyentes analógicos que de alguna manera existirán durante varios años por venir, pero que poco a poco se verá introducidos a los servicios DRM lo más pronto posible.

Esta opción les permite a las radiodifusoras transmitir el servicio analógico existente simultáneamente con un nuevo servicio DRM, con el mismo contenido, usando el transmisor y antena existente.

Es muy aplicable para las programadoras con asignaciones de onda larga u onda media, donde hay generalmente menos libertad para usar nuevas frecuencias, aunque puede haber aplicaciones de onda corta.

De forma ideal a estas programadoras podrían transmitir un servicio que usa un solo canal simulcast (SCS), para que ambas señales analógicas y digitales se contengan totalmente dentro de las asignaciones de canal de 10 KHz.

Específicamente el término simulcast puede tomarse para describir la transmisión simultánea de más de una señal que transporta el mismo contenido del programa. En este contexto, se describe a menudo la transmisión simultánea de las versiones analógicas y digitales del mismo programa, del mismo transmisor y por consiguiente de una localidad común.

Sin embargo, también podría significar que sólo la antena es común, así como que el transmisor y la antena son comunes a los dos servicios.

Debido al gran uso que se hace en la actualidad del espectro radioeléctrico (emisiones por el aire de radio, televisión etc.) hay escasez de frecuencias libres para poder ofrecer más servicios. Por ello es que en algunos países los organismos reguladores del espectro radioeléctrico, a fin de mejorar la eficiencia espectral obligan a emitir algunos servicios en simulcast.

Esto supone transmitir simultáneamente lo mismo y en la misma frecuencia desde todos los puntos (desde todas las torres repetidoras que tiene repartidas por toda el área geográfica a la que da servicio). Esto permite cubrir una amplia

área geográfica sin necesidad de utilizar un gran número de frecuencias, con una sola frecuencia es suficiente para cubrir una extensa área (una región o estado). Un ejemplo sería imaginar que una radio comercial nacional, por ejemplo Radio Tricolor, emitiera en el mismo punto del dial en cualquier lugar de Ecuador.

En este tipo de simulcast la señal debe salir desde todas las 'fuentes' (puntos desde donde se emite) perfectamente sincronizada (modulación sin desfase) para evitar el efecto llamado distorsión.

Hay que tener en cuenta que en las zonas de solapamiento (lugares en los que el receptor recibe la señal de más de una fuente o repetidor), cualquier pequeño desfase entre las señales recibidas supone obtener una señal resultante deficiente, producto de la suma de las señales desfasadas (se trata de dos señales diferentes en la misma frecuencia). El resultado es una recepción deteriorada, más deteriorada cuanto mayor sea el desfase.

Con la solución de simulcast las conversaciones pueden ser escuchadas por todos los operadores, lo que permite una mejor organización de los equipos de campo, que se puede seguir en tiempo real la evolución de los acontecimientos. La mejor solución a las necesidades de la comunicación en caso de emergencia es proporcionada por analógico o digital.

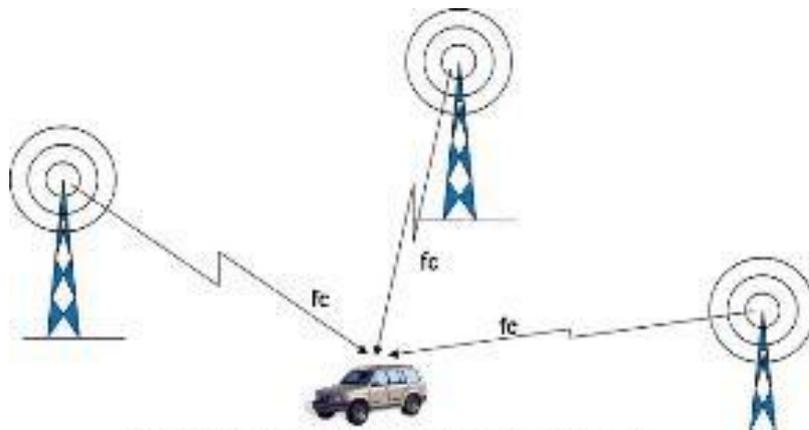


FIGURA III. 21. EFECTO SIMULCAST PARA RECEPTORES MÓVILES.

Fuente: [http:// es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3](http://es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3)

En la figura III. 21. Se muestra la simulación de simulcast para un receptor móvil este sistema permitirá tener:

- Comunicaciones seguras y fiables en áreas amplias
- Comunicaciones seguras y fiables en las zonas de cobertura "críticos" (por ej. zonas de montañas).
- Comunicaciones totalmente comprensibles y "limpias", incluso en zonas de resistencia muy bajas de campo.
- Comunicaciones a disposición de los terminales de radio más comunes y menos costosos.
- Comunicaciones seguras y disponibles a bajo costo.

DRM soporta varias opciones de simulcast diferentes: el Single Channel Simulcast (SCS) y el MultiChannel Simulcast (MCS). La señal DRM puede localizarse en el canal adyacente superior o inferior y puede ocupar un canal entero o la mitad dependiendo de la opción del ancho de banda escogido. En la figura III. 22. Se muestra como añadiría las señales para 10 KHz:

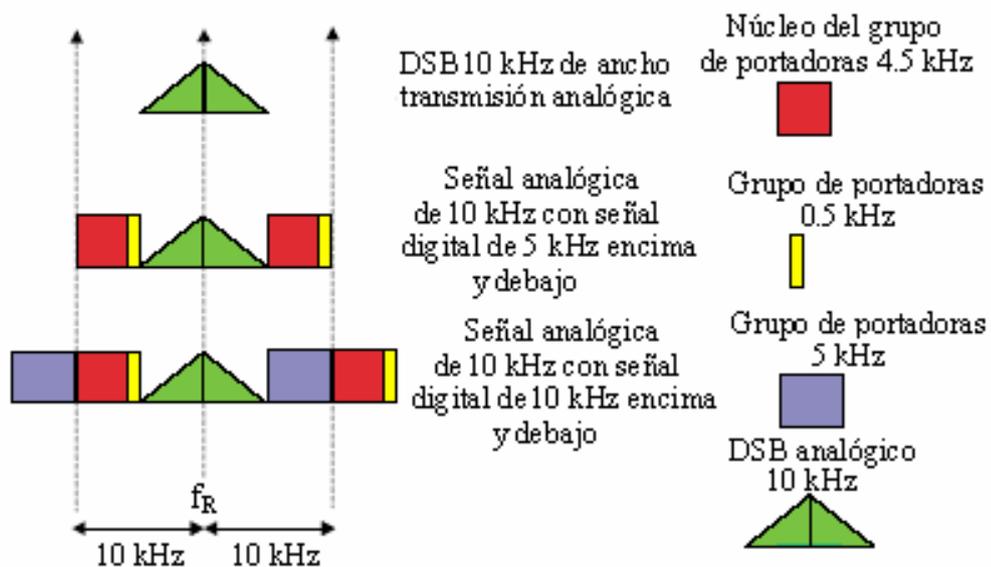


FIGURA III. 22. DIAGRAMA DE OPCIONES DE SIMULCAST A 10 KHZ

Fuente: [http:// es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3](http://es.kioskea.net/contents/transmission/transanalog.php3)

CAPITULO IV

SERVICIOS DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL Y SU REGULACIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

La migración los sistemas de radiodifusión digital se están dando progresivamente alrededor del mundo presentando así una mejor propuesta en el avance tecnológico a todas las naciones que la van adquiriendo.

En este capítulo se hace referencia a la adopción y formas como se ha impulsado a la migración a la radiodifusión digital en especial el sistema DRM en el mundo y en el país y como podría ser el impacto frente a las regulaciones necesarias para el cambio una vez que el país adopte la radiodifusión digital es cuestión de tiempo para que en cada ciudad se presenten los cambios tecnológicos.

4.2. PRINCIPIOS DE LA RADIODIFUSIÓN Y ALCANCES

Para la iniciativa de regulación de servicios es necesario que se comience por un breve análisis de la fuerza del sistema de radiodifusión en nuestra ciudad a través de la cual se espera obtener beneficios alcanzables y mejorados en relación a los actuales.

En nuestro país existe una determinada influencia social, cultural y política que es ejercida por la radiodifusión desde las primeras transmisiones en AM y de la televisión. Influencia que específicamente en la ciudad de Riobamba se ha implantado desde ser la primera ciudad en difundir la transmisión de radio. Y hoy en día los servicios de radiodifusión presenten gran demanda.

Estos servicios, en especial los de recepción gratuita como la radiodifusión sonora y la televisión abierta, abarcan amplias y diversas actividades relacionadas con las condiciones tecnológicas que hacen posible su funcionamiento y también con aspectos legales, económicos, informativos, instructivos, sociológicos y culturales a nivel ciudadano.

Como ya se ha dicho antes, la radio es el medio de comunicación más extendido y más utilizado. Su fuerza reside en su bajo coste y en el hecho de que puede estar presente y puede ser utilizado en cualquier parte.

Gracias a una elección más diversificada y a una ampliada interactividad, la radio digital podrá dar a los oyentes, todo, en cualquier parte, y en todo momento.

Una de las diferencias primordiales entre la radiodifusión sonora y la televisión es la gran ventaja que presenta en cuanto a la dependencia visual y corporal, hecho que la convierte en un medio dinámico de información y entretenimiento, que está presente en todo momento y en cualquier lugar pero que a la vez no afecta la normal actividad o desplazamiento de una persona.

4.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN EN EL PAÍS.

En la actualidad el Ecuador cuenta con un número aproximado de estaciones de radio en AM 392, FM 924 aproximadamente, Y particularmente en la ciudad de Riobamba existe ceca de 45 estaciones de radio entre AM y FM.

Hoy por hoy la mayoría de estaciones radiodifusoras en AM y FM presentan servicios adicionales a través de multimedia siendo una de las primeras la radio HCJB (La voz de los Andes) y existe ya una en el cantón Alausi.

Con el objetivo de evitar la saturación del espectro sobre todo con lo que tiene que ver en la banda de FM que es la más utilizada en el año 1999 se puso en vigencia la norma técnica reglamentaria para la transmisión de la radiodifusión en frecuencia modulada análoga, pero para la radiodifusión en AM en el país no se cuenta con una norma técnica, la asignación de las frecuencias se basan en las leyes de radiodifusión vigentes para radiodifusión y televisión para onda media y para lo que tiene que ver en onda corta se basa específicamente en el reglamento de las radiocomunicaciones de la UIT.

Debido a lo expuesto anteriormente es necesario la implantación de un nuevo reglamento para que el Estado regule el espectro radioeléctrico ya que ahora es considerado como un recurso natural y no renovable y para poder preservarlo se requiere la administración correcta y legal para su uso eficiente que de esta manera garantice los servicios que se ofrecen a través de estos medios tecnológicos de gran relevancia.

En a aspectos regulatorios la adopción del sistema DRM implica modificar el marco regulatorio en nuestro país considerando la coexistencia entre el actual servicio de radiodifusión sonora analógico y el servicio de radiodifusión sonora digital o el desarrollo exclusivo del servicio de radiodifusión sonora digital.

Se debe definir los parámetros necesarios para establecer las zonas de servicio y las condiciones para los concesionarios de las estaciones.

4.3.1. Problemas de la Radiodifusión Analógica

Actualmente la radiodifusión analógica es un sistema muy utilizado por la mayoría del país en las frecuencias de AM y FM sistemas tales que presentan problemas los principales se mencionan a continuación:

- Uno de los principales y por el cual la migración se ha visto urgente es que el espectro radioeléctrico está saturado ya que se emplean una gran cantidad de canales para la cobertura de un mismo programa.
- Presenta una calidad de audio muy limitada por la anchura de banda, ruido, efectos de interferencia y desvanecimiento de la señal además que ocurren frecuentes cambios de frecuencia en la recepción.
- No hay una buena recepción de señales de audio en receptores móviles o portátiles debido a varios problemas en la propagación como el multitrayecto y el efecto Doppler, por lo que demandan una mejora en la calidad.
- Emplean transmisores de potencia muy elevada.
- La cantidad de servicios que brinda son muy limitados.

4.3.2. Análisis Espectro de Frecuencias

Haciendo referencia al espectro disponible, se necesita resolver dos problemas distintos: en primer lugar, la asignación del espectro y también, cómo se usa. Otra consideración se basa en tener suficiente espectro disponible para los nuevos servicios digitales, así como para sostener el uso analógico existente.

En forma ideal, una administración pondría simplemente colocar un segmento sin usar de las bandas de frecuencia para el nuevo servicio. En una escala global esto no es tan fácil. El espectro ya se usa pesadamente y la regulación internacional requiere una cuidadosa discusión y de acuerdos antes de los cambios, que son a menudo incrementales.

Se espera que el simulcast que ofrece el sistema DRM pueda proporcionar parte de la solución a la actual saturación del espectro.

Los temas de regulación a tomar en cuenta son:

- Licenciamiento de redes, servicios y contenidos de radiodifusión.
- Regulación de frecuencias.
- Protección de datos personales y confidencialidad.
- Derechos de propiedad intelectual.
- Competencia.
- Seguridad.
- Justicia y seguridad pública.

4.4. SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL

En base a los problemas mencionados anteriormente y tomando en cuenta cada uno de ellos se hace más inevitable la tendencia a la adopción tecnológica digital en la radiodifusión siendo un parámetro fundamental que ayudara a mejoras relativas y además de que presenta muchas ventajas para los radiodifusores y para los radioescuchas. Por ende es necesario que se den a conocer los servicios que serán ofertados a través de los medios.

Un servicio es simplemente el intercambio de información entre el proveedor de servicio y el consumidor. Estos proveedores de servicio pueden incluir radiodifusores usando la capacidad propia de la estación así como entidades comerciales independientes usando simultáneamente la capacidad del radiodifusor. Los consumidores de servicio son aplicaciones que reciben y procesan la información entregada por el proveedor de servicio. Estas

aplicaciones pueden decodificar y ejecutar información del servicio al usuario o simplemente pasar la información a un equipo de radio.

Permite la transmisión de la programación existente en formatos tanto analógicos como digitales. Este servicio incluye el Servicio de Audio de Programa Principal (MPA) y el Servicio de Datos de Programa Principal (MPS Data). El MPS provee una información adicional acerca del audio que también se encuentra referido como Datos de Programa Asociado (PAD).

Los datos y audio de programa principal son sincronizados en un estudio de radiodifusión. Así, MPS Data es transmitido para que los receptores adquieran al mismo tiempo el programa de audio.

El MPS Data describe o complementa el programa de audio escuchado por los usuarios y consiste de un grupo de categorías que describen el contenido de la programación, como la canción, advertencias o anuncios.

El campo de MPS Data incluye:

- Título
- Artista
- Álbum
- Género
- Comentario
- Comercial
- Identificadores de referencia.

La tecnología DRM Radio, permite a los radiodifusores transmitir simultáneamente las señales analógicas existentes y digitales, cuya calidad de señales es más alta y robusta. El sistema también permite múltiples servicios para compartir la capacidad de difusión digital en su actual posición de frecuencia. Los servicios de primera generación (servicios centrales) incluyen el

Servicio de Programa Principal (MPS) y el Servicio de Información de Estación. Con las capacidades digitales del sistema DRM Radio, la industria de la radiodifusión tiene la oportunidad de entregar nuevos servicios de información digital para los usuarios existentes.

Estos servicios pueden incluir:

- Presentación multimedia de actualidad, noticias, clima y entretenimiento.
- Sistemas de radio de vehículos actualizados (mapas por sistemas de navegación).
- Servicios utilizando datos almacenados.
- Comercio de móviles (con celulares integrados).
- Información de tráfico.
- Direcciones WEB.
- Servicios de lectura.

Los servicios que se describen son unos de los tantos que se pretende brindar a través de la radiodifusión digital y razones como esta incluyen ventajas para la transmisión, principales que se detallan a continuación:

- Nuevos servicios presentes sobretodo a nivel tecnológico multimedia.
- Mejor calidad de audio.
- Mayor capacidad de transmisión de datos.
- Admite mayor número de canales.
- Eliminar el efecto multitrayectoria y los efectos Doppler.
- Preservación de los datos en la transmisión de larga distancia.
- Mayor eficiencia del espectro.
- Los distintos tipos de datos que pueden transportar las señales.

4.4.1. DRM tecnología para la sociedad

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ha aprobado una recomendación en base a las necesidades del servicio de radiodifusión de sonido digital debajo de los 30 MHz del espectro radioeléctrico, la recomendación UIT-R BS.1514-1, la misma que establece, en resumen, que considerando la creciente necesidad mundial de medios adecuados para radiodifundir señales sonoras monofónicas o estereofónicas de alta calidad a receptores instalados en vehículos, portátiles y fijos y que los oyentes de programas radiofónicos en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas no pueden aún beneficiarse de las transmisiones digitales (y de los servicios que ellas llevan), recomiendan el uso del estándar DRM diseñado para cubrir todas estas necesidades y así los oyentes se beneficiarán de la existencia de una norma mundial única para la transmisión y recepción de señales digitales ante la actual congestión en algunos países de las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz que origina un alto nivel de interferencia y limita el número de programas que pueden ser transmitidos.

El acceso a la tecnología sea internet, TV o radio digital en el sentido de mayor “conectividad”, a computadores con banda ancha o a receptores de TV o radio digitales ha pasado a ser la estrategia principal de nuestros gobiernos y el número de personas, escuelas o localidades “conectadas”, es la meta a alcanzar. Mientras tanto, crece el convencimiento de que es imposible pensar en cerrar o siquiera acercar la brecha digital entre ricos y pobres, ciudad y campo o entre países centrales y periféricos, sólo pensando en desarrollar infraestructuras.

Frente al hecho imprescindible de migración hacia la tecnología digital es necesario plantearse un reenfoque del problema de la era digital y de las alternativas para superarla. El problema principal radica en como será la aptitud de los ciudadanos y las ciudadanas ante estas modernizaciones y de cómo este hecho influenciaría en sus actividades a nivel oyente y a nivel radiodifusora, sería el análisis de su reacción parán ante estos modernizados

equipos de comunicación y cómo, acompañando su capacidad de interactividad, la optimización del espectro y la oportunidad de aumentar el flujo de contenidos, se convierten también en productores, en sujetos activos de las compañías.

Desde hace ya varios años se viene manejando el concepto de acceso a la infraestructura, por ejemplo, está fuertemente asociado a la necesidad de ampliar el mercado. Y además ahora es ya una costumbre escuchar términos como “acceso universal”, o “inclusión digital”, siempre direccionando estos conceptos al aseguramiento de que más y más gente pueda consumir las mercancías y servicios que se distribuirán a través de los nuevos medios electrónicos. Lo que logra de alguna manera es aumentar el mercado y fomentar la utilización de la tecnología de cualquier medio que se encuentre en transición y que presente beneficios de gran afluencia social y económica para el surgimiento económico, social, cultural y tecnológico del país.

4.5. PRUEBAS DRM

Con estudios anteriormente propuestos y realizados en distintos países de la implementación del sistema DRM y según notificaciones del Consorcio DRM, se ha logrado investigar lo descrito a continuación:

Las pruebas de campo del sistema de transmisión Digital Radio Mondiale DRM han estado en marcha desde 1999. La idea de crear un sistema para digitalizar la radiodifusión en las bandas debajo de 30 MHz para onda corta, onda media y onda larga se propuso en 1998 y se ha movido rápidamente a ser un estándar IEC, ETSI y UIT. Parte de este proceso de estandarización ha requerido pruebas de campo para verificar el funcionamiento del sistema. Las primeras experiencias tuvieron lugar en 1999, y una fase intensiva de pruebas de campo se inició en noviembre del 2000. Estas pruebas fueron apoyadas por la Comisión Europea y 10 organizaciones envueltas en el consorcio de Europa y América del Norte.

A continuación se describe brevemente las pruebas que se realizaron en todo el mundo y los parámetros que se tomaron en cuenta para el desarrollo de las mismas.

4.5.1. Fases de pruebas.

Fase I.

Esta fase fue la primera de una serie de pruebas de campo a gran escala emprendida por los miembros del consorcio DRM. De noviembre de 1999 hasta marzo del 2000 un número extenso de transmisiones punto a punto de onda corta y onda media fueron hechas usando una gama de transmisores de los miembros del consorcio DRM en varios continentes. Estas transmisiones fueron recibidas y grabadas para el futuro análisis en el laboratorio.

Estas pruebas iniciales proporcionaron información sobre las características de las variables condiciones de propagación sobre varios caminos de transmisión típicos, incluyendo el cambio Doppler, la dispersión por retardo y características de desvanecimiento y verificación de los perfiles del canal DRM usados para la comprobación del laboratorio. Varios miembros de DRM ganaron experiencia en la modificación de transmisores de AM existentes para la modulación digital. El sistema usado en los primeros experimentos no fue el último.

Fase II.A.

Esta fase de pruebas fue desde julio hasta agosto del 2000, como parte del acatamiento a la UIT el consorcio tenía que proporcionar evidencia de que el sistema DRM trabajaba.

Esto incluyó demostraciones de las ventajas sobre los sistemas de radiodifusión AM presentes en lo que se refiere a la calidad de audio y fiabilidad bajo diferentes condiciones de propagación. Confirmar que la cobertura de transmisiones digitales era comparable con los sistemas de AM presentes en

las bandas de onda corta y onda media. Proporcionar la evidencia de adaptabilidad de los transmisores actualmente usados para transmisiones digitales. Finalmente identificar las limitaciones del sistema DRM.

La segunda secuencia de experimentos incluyó pruebas de laboratorio y en vivo. Los experimentos del laboratorio eran necesarios por dos razones: determinar el nivel de ruido esperado necesario para los canales de 9 KHz y 10 KHz, por un lado, y probar el sistema DRM en varios ambientes de propagación simulados.

Durante las pruebas en vivo, dos estaciones de transmisión estaban en servicio (en Reino Unido y Portugal), mientras las estaciones que observaban al receptor se localizaron en Alemania, Chipre y Finlandia. La distancia medida era aproximadamente 3000 Km. La duración de las pruebas de cada emisión fue de 30 minutos que incluyeron 2 x 4 minutos de la señal de audio digital, 2 x 4 minutos de señal de audio analógico mientras el tiempo restante fue usado para transmitir datos representando la calidad del canal de propagación.

Para esto se modificó un transmisor de onda media y dos transmisores de onda corta para proporcionar transmisiones de prueba, que se recibieron sobre los caminos típicos usados regularmente por programadoras de onda corta y onda media.

Como una regla general, la señal de recepción de DRM libre de ruido podía asegurarse con dos niveles de protección diferentes. La recepción de todo el canal digital de 10 KHz de ancho de banda era excelente. El experimento de onda media se llevó a cabo en el Reino Unido. Cuando se permitió la relación señal a ruido apropiada por las condiciones de propagación, la calidad del sonido de la señal de recepción se caracterizó por ser "como el mono FM."

Fase II.B.

En diciembre del 2000 se llevaron a cabo pruebas con la propagación vertical en la banda de HF, ya que éste es un método regular de radiodifusión para áreas grandes en las regiones tropicales puesto que las bandas de MF y LF se atenúan pesadamente en estas regiones.

La BBC y Radio Netherlands llevaron a cabo una serie de pruebas de campo, junto con HCJB en Pifo, Ecuador. Estas pruebas exploraron la actuación del sistema de radio digital DRM en condiciones de propagación extremas enfrentadas por muchas programadoras tropicales. Transmitiendo sus señales en ángulos verticales o casi-verticales, es a menudo posible cubrir un país entero con un solo transmisor, reflejando la señal fuera de la ionosfera. Las frecuencias típicamente usadas para las transmisiones están en las bandas tropicales, es decir entre 2 y 5 MHz.

Aunque el sistema trabajó durante las horas de la luz del día, se revelaron problemas. Primeramente, los simuladores del canal que se habían usado en las pruebas iniciales de laboratorio del sistema fueron modelados en la suposición que el primer camino recibido sería el más fuerte. En la realidad se observó que, a 40 Km del transmisor, una débil señal de onda superficial se recibió anterior a la primera señal de onda ionosférica. Esta observación permitió adaptar los simuladores del canal y los algoritmos del receptor para ser modificados para las pruebas posteriores. Como resultado de los datos proporcionados por estas pruebas, dos modos OFDM extras (modo C y D) se introdujeron en la especificación del sistema DRM durante el 2001.

La próxima fase de las pruebas fue hecha principalmente para verificar que los cambios hechos como resultado de las primeras pruebas de DRM en Ecuador se habían llevado a cabo con éxito, y habían proporcionado una mejora en la robustez contra los valores altos de Doppler y dispersión de retraso.

Un transmisor existente Thales de 250 kW, localizado en la estación de parada de la BBC en NakhonSawan en Tailandia Central, fue usado.

Las únicas alteraciones requeridas a la entrada del transmisor eran el montaje de una tarjeta de sonido modificada, conectada a un codificador de DRM. Estas modificaciones tomaron menos de la mitad de un día para completar, aunque los transmisores más viejos requerían modificaciones más extensas para trabajar con DRM. Las pruebas fueron hechas entre las horas de 05:00 y 20:00, que habilitaron la comprobación durante los períodos de interés, antes de la salida del sol y después del ocaso, cuando se esperara que las condiciones de propagación sean más desafiantes. Así, se usaron frecuencias en la banda de 6 MHz ya que ésta era la más cercana a las frecuencias de banda tropical.

Las transmisiones de DRM se recibieron a dos sitios; el primero dentro del límite de la onda superficial a NakhonSawan, aproximadamente a 20 Km de la estación, y el segundo a una distancia de 200 Km más al sur, mucho más allá de la recepción de onda superficial. La secuencia de la prueba contuvo los dos nuevos modos de robustez DRM, C y D, además de los modos originales A y B, habilitando así la comprobación de todos los cuatro modos de DRM.

Los resultados de esta prueba se grabaron en un CD para su análisis posterior en un laboratorio en Reino Unido.

4.5.2. DRM en el Mundo

El sistema DRM depende para su funcionamiento del trabajo de desarrollo de varias organizaciones. Algunas de estas organizaciones son miembros del consorcio DRM y otras no. El Consorcio Mundial DRM tiene alrededor de 80 miembros actualmente. El costo de ser miembro completo cuesta \$10.000 por año. Los miembros asociados, quienes están principalmente limitados a uniones de transmisión, requieren un pago de \$500 una sola vez. Una opción menos cara es ser partidarios de DRM cuyo costo es de \$100.62

Según el Consorcio DRM, más de 65 programadoras en Europa y EEUU están llevando a cabo transmisiones en vivo, diariamente o de forma semanal, empleando el estándar DRM en sus transmisiones desde junio del 2003 y proporcionan servicios simulcast para complementar y mejorar el sonido

analógico existente del servicio de radiodifusión que ellas brindan. El suministro de receptores de DRM está limitado y el precio es alto. Como la mayoría de fabricantes miembros del consorcio y de reconocido renombre han anunciado apoyar a DRM, se esperan que muchos tipos diferentes de receptores de DRM con precios económicos estarán pronto disponibles en el mercado.

Entre las emisoras de gran renombre que ya están efectuando sus pruebas con el sistema de DRM y que han participado del desarrollo del sistema desde sus inicios, están la BBC, Deutsche Welle y también Radio Netherlands, que tienen emisiones rutinarias con este estándar de radiodifusión digital. No se trata en estos momentos de reemplazar el sistema de Modulación en Amplitud en onda corta por el DRM, sino de añadir al esquema de transmisiones un par de emisiones extras en el nuevo sistema digital.

Un aspecto importante de señalar es que la regulación para este sistema será un poco menos compleja que las regulaciones de los países antes mencionados puesto que el sistema DRM no requiere una reordenación de las frecuencias sino que ha sido diseñado principalmente para trabajar en la canalización y asignación actual de frecuencias.

Gracias a las pruebas de fiabilidad y calidad explicadas anteriormente y debido al hecho de que DRM ya es un estándar mundial, algunos países están mirando la posibilidad de adoptar este estándar pero el proceso es lento y gradual. A continuación se describe la situación actual del sistema DRM en el mundo.

La Cámara Nacional de la Industria de Radio y Televisión (CIRT) de México, comenzó a realizar las pruebas de DRM en febrero del 2005. La CIRT utilizó una emisora de uno de sus miembros, Radio Centro de México D.F., para llevar a cabo dichas pruebas. Este desarrollo amplía el alcance de las pruebas de DRM en México al ámbito de la radio comercial. El 9 de febrero, el Ministerio de Comunicaciones y Transportes autorizó el comienzo del Proyecto Nacional de

Pruebas de DRM, que será llevado a cabo por Radio Educación, la red nacional pública, educacional y cultural de México en la frecuencia de 6185 KHz.

En México, las transmisiones de DRM en 26 MHz serán probadas por las programadoras públicas con aproximadamente 200 vatios, estéreo y mono, en canales de 10 y 20 kHz, más las redes de frecuencia única. En onda media, las programadoras privadas estarán probando DRM, en simulcast y transmisiones independientes.

Brasil no está lejos sobre la comprobación como México, pero en Brasil habrá también pruebas de onda corta tradicional para cubrir el país entero.

El éxito con DRM en México y Brasil podría llevar al éxito de DRM en los Estados Unidos. Habría la posibilidad de usar frecuencias de 26 MHz en EEUU en el modo de DRM para radiodifusión local (y quizá incluso la radiodifusión de onda ionosférica) con baja potencia (10 vatios a 1 kilovatio) para cubrir áreas pequeñas como universidades y pueblos. Esto podría abrir algunas nuevas posibilidades para servicios de radio locales donde no hay frecuencias actualmente disponibles en las bandas AM y FM.

Los cambios recientes de las reglas de la FCC ahora permiten la modulación de DRM para estaciones de onda corta en los Estados Unidos que están transmitiendo en el extranjero. No se requiere ningún cambio en las licencias para las emisoras; simplemente una notificación de los requisitos de frecuencia. Si se excede el requisito de baja frecuencia en la banda de 26 MHz se requiere una licencia experimental de la FCC, que está emitiendo licencias temporales para el funcionamiento de DRM en estaciones de onda corta en los Estados Unidos; estas licencias experimentales pueden solicitarse de la FCC electrónicamente en la Internet, y pueden ser emitidas hasta para tres años. Darko Cvjetko de RIZ Transmitters en Croacia indicó que en este año, una serie de pruebas del sistema DRM se están realizando en 26 MHz en Zagreb, la

capital croata. La frecuencia exacta es 25.8 MHz, usando un máximo de 200 vatios de potencia de DRM.

La antena se localiza a 610 metros en una montaña sobre el nivel del mar y aproximadamente 410 metros sobre la ciudad de Zagreb. La antena es una yagi de tres elementos con polarización vertical. Las conclusiones preliminares de las pruebas son que la ciudad entera de Zagreb puede cubrirse con 45 dB o más de campo de fuerza (más de esto con 50 - 60 dB) usando 100 vatios de potencia y un ancho de banda de 10 o 20 KHz con esta alta posición de la antena.

Cabe recalcar que la manera en que el consorcio está promoviendo este estándar en todos los países es por medio de seminarios, conferencias y simposios donde se hacen demostraciones en vivo de la calidad y fiabilidad del servicio.

4.6. DIVERSIDAD DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL DRM

Los servicios, y no la tecnología, son los que impulsan la demanda de la radiodifusión digital. Ella atraerá a numerosos consumidores si va asociada a una variedad de servicios que no existen, o sólo parcialmente, de forma analógica, tales como la recepción móvil o portátil y la calidad de sonido de alto nivel.

La diversidad de servicios digitales es muy valiosa para aumentar el atractivo de la radio digital, más allá de los servicios de pago.

Aumentar la diversidad de los servicios digitales ayudará a acentuar la diferencia con los servicios analógicos y satisfará las necesidades de la población o del mercado que están interesados en otros tipos de servicios de radio digital.

Entre las capacidades del sistema DRM es que es capaz de llevar audio y/o datos, por ejemplo datos asociados al programa (PAD), datos de información de servicio (SI), multimedia y/o otros datos.

4.6.1. Servicios de audio

El sistema DRM emplea las mejores tecnologías de compresión de sonido ya que usa los algoritmos de audio y voz del MPEG-4 que brinda excelente calidad de sonido a bajas tasas de bit como la codificación AAC, las codificaciones de voz CELP y HVXC, complementada con Replicación de Banda Espectral SBR como su codificación digital principal. La SBR mejora la calidad de audio percibida y también puede emplear la codificación Estéreo Paramétrica para las señales estéreo.

4.6.2. Servicios de datos

El sistema DRM dispone de tres canales para la transmisión de servicios de datos: el MSC que es el canal de secuencias de datos múltiplex que lleva todos los servicios de audio digitales, junto con los posibles servicios de soporte y servicios de datos adicionales. El SDC contiene más datos como la identificación del servicio disponible en el MSC, junto con extensa información para decirle al receptor cómo decodificar cada servicio, contiene además la lista de frecuencias alternativas y horarios de frecuencia que se transmitiría si fuera apropiado. El FAC contiene toda la información que es útil para la selección del servicio cuando el receptor examina las bandas de frecuencia ya que contiene los parámetros del canal y los parámetros de servicio más importantes.

También dentro del múltiplex DRM se pueden transportar servicios de mensajes de texto, objetos MOT como imágenes JPG, GIF, páginas HTML, multimedia, MPEG, archivos genéricos, etc.

La información de servicio

La información de servicio, que en el sistema DRM están dentro de las entidades de datos que viajan por el SDC, contiene aquellas descripciones de los servicios que están transmitiéndose o que se van a emitir, tanto si éstos son

de audio como de datos. Dentro de la información del servicio se incluye: el etiquetado del servicio, el identificador del programa, el tipo de programa, el idioma, la identificación del país, la fecha y hora, la lista de frecuencias alternativas y las áreas geográficas donde se encuentran, etc.

4.7. APLICACIONES DE DATOS

El sistema DRM proporciona varias aplicaciones de datos. Éstos pueden ir de un simple servicio de texto a una baja tasa de bit junto al audio, al uso de la capacidad entera de datos del MSC para los servicios de datos tipo multimedia. En general, aplicaciones de texto simples pueden usarse para transmitir servicios de datos asociados al programa, como noticias, deportes o servicios de información de tiempo, junto al servicio de audio principal. Los tipos de servicio multimedia más complejos pueden incluir texto e imágenes, aunque las bajas tasas de datos, típicamente disponibles para un servicio DRM, limitarán la cantidad de datos y la velocidad de actuación que se puede lograr.

En la realidad es más probable que un servicio emplearía sólo una fracción de la capacidad del MSC, así como la mayoría de la capacidad del MSC probablemente sea empleada para los servicios de audio durante algún tiempo por venir. Esto permitirá usar típicamente sólo 2 a 4 kb/s para un servicio de datos, si no hay un impacto significativamente adverso en la calidad de audio. Sin embargo, la ingeniosidad de las convenientes aplicaciones diseñadas todavía puede permitir la entrega de valiosos servicios al oyente. Para permitir correr tales aplicaciones junto con los dispositivos externos, como teléfonos portátiles y PCs, una especificación abierta está desarrollándose, junto con WorldDAB, para una interfaz de datos entre los receptores de DRM/DAB y estos dispositivos externos.

4.7.1. Fiabilidad de Servicio

- El sistema cubre los efectos del multi-camino y las características de cambios de propagación presentes en transmisiones de onda larga, media y onda corta.
- Es posible el cambio automático entre frecuencias alternativas que llevan el mismo programa, sin interrupción audible.
- La calidad total de recepción y fiabilidad de servicio de recepción portátil y móvil serán similares a la actuación en receptores fijos. Sin embargo, las posibilidades de recepción móviles no deben hacer a los receptores significativamente más caros que los receptores móviles existentes.
- Para un transmisor digital AM, la potencia será igual o menor que un transmisor analógico existente y debe en lo posible mantener el área de cobertura analógica actual aunque obteniendo una reducción en la interferencia audible al receptor.

4.8. ESTANDARIZACIÓN

En la actualidad ya en muchos países del mundo ya se han empezado con pruebas de transmisión de radio digital, en base a esto se han tomado políticas regulatorias en base a recomendaciones de la UIT, El sistema DRM fue aprobado por UIT según la recomendación ITU-R BS 1514 y estandarizado por la norma IEC 62272-1 como norma mundial para la radiodifusión sonora digital.

Además las especificaciones del sistema DRM han sido estandarizadas por organismos como ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) y el CEI, la norma ETSI se aplica en Europa y la norma CEI se aplica en el mundo entero.

DRM es único sistema digital en el mundo no propietario para onda corta, onda media/AM y onda larga con la habilidad de usar frecuencias y anchos de banda existentes. El éxito de DRM en la estandarización y regulación por los diferentes organismos se describe a continuación:

ETSI

En julio del 2004 el Instituto de Normas de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) publicó la versión revisada de la Especificación del sistema DRM. El nuevo documento se publicó como ETSI ES 201 980 V1.2.2 (2003-4), Digital Radio Mondiale (DRM); Especificación del Sistema. Simultáneamente ETSI publicó el estándar datacasting para DRM como ETSI TS 101 968 V1.1.1 (2003-04), Digital Radio Mondiale (DRM); directorio de aplicaciones de Datos.

IEC

En enero del 2003, International Electrotechnical Committee (IEC) dio su sello de aprobación más alto a DRM como Estándar Internacional. El IEC votó a favor del estándar DRM con la norma IEC 62272-1 Ed. 1: Digital Radio Mondiale (DRM) - Parte 1: Especificación del sistema. El IEC había publicado su Especificación Públicamente Disponible DRM (PAS 62272-1) en el 2002.

ITU

El 4 de abril del 2003 la Unión Internacional de Telecomunicaciones aprobó el estándar DRM para difundir digitalmente en las bandas de frecuencias inferiores a los 30 MHz, aprobaron una versión revisada de la Recomendación BS. 1514, ahora denominada Recomendación BS1514-1 (Radiodifusión Digital Sonora por debajo de 30 MHz).

4.9. DRM RESPECTO DE OTROS ESTÁNDARES

El objetivo de la transición digital está vinculado a que los sistemas permitan la emisión simultánea en analógico y digital utilizando las mismas frecuencias y DRM es un estándar que lo permite y que además puede ser utilizado como un sistema de reordenación en el mercado radiofónico desde el puesto de vista político-económico y cultural.

No existe un único estándar para la distribución de la radio digital. El uso de la banda de frecuencias puede variar según el área geográfica, los canales pueden ser utilizados de diferentes maneras, pero la tecnología subyacente es fundamentalmente la misma.

DAB, IBOC-FM son sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencia de los 30-3000 MHz. Mientras que DRM e IBOC-AM son sistemas para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de los 30 MHz.

Ventajas DRM

Las ventajas que presenta el estándar DRM son las siguientes:

- Puede emplearse un solo receptor para la recepción de la banda entera AM para todo el mundo.
- La aplicación de la DRM no necesita nuevas frecuencias ni nuevas antenas. Las existentes pueden usarse sin necesidad de ajuste alguno. Existe la posibilidad de usar la misma antena y transmisor para emisiones simultáneas. En un mismo canal podrían realizarse emisiones en varios idiomas simultáneamente.

- Con DRM, la potencia requerida de un transmisor para cubrir un área determinada es aproximadamente la cuarta parte de la que se requiere usando la amplitud modulada.

Esto significa que con un solo transmisor se puede cubrir un área mayor, o bien, que al usar menos potencia, se disminuyen los costos de consumo de energía de la estación, y también disminuye la contaminación ambiental electromagnética.

- No será necesario para el oyente conocer la frecuencia de la estación, simplemente indicará al programa en su receptor cuál emisora y en qué idioma desea escuchar. El receptor simplemente buscará la mejor frecuencia y de ésta cambiará automáticamente en caso necesario.
- El sistema tiene la capacidad para hacer frente a la amplia gama de condiciones de propagación encontradas en las bandas de Baja Frecuencia, Media Frecuencia y Alta Frecuencia de radiodifusión, a través de una selección adecuada del modo de transmisión.
Potencial para mejorar significativamente la calidad de sonido y fiabilidad de la señal de los servicios de radiodifusión que operan por debajo de 30 MHz.
- Capacidad de transportar audio y datos con flexibilidad para el intercambio entre la calidad de audio, capacidad de datos y la robustez de las señales.
- Compatible con la actual separación entre canales utilizados para modulación en amplitud de radiodifusión en Media Frecuencia y Alta Frecuencias en todo el mundo, proporcionando así alcance amplio para la adopción del sistema.
- Además, DRM puede funcionar en modo híbrido, lo que permite que una emisora transmita su señal analógica en la misma frecuencia de siempre y simultáneamente su señal digital para los que tienen receptores

digitales. Así mismo tiene el potencial para la introducción de nuevos servicios digitales, una vez que los servicios analógicos dejen de operar.

- DRM es un estándar abierto y cualquiera puede modificar el software para desarrollar aplicaciones, por ejemplo, agregar nuevas funciones sin pedir permiso o pagar licencias.
- DRM es un sistema económico que fue desarrollado para aprovechar los equipos de transmisión existentes, evitando así una mayor inversión. El principal costo es una computadora para hacer la codificación digital.

En la figura IV. 23. se muestra una comparación del estándar DRM frente a otros estándares digitales:

PARAMETROS	Eureka 147	IBOC-AM	IBOC-FM	DRM	ISDB-TSB
Bandas	VHF-III, Banda L	MF	VHF-FM	LF, MF, HF	VHF, UHF
Origen	Europa	Estados Unidos		Europa	Japón
Sistema Terrestre	Si	Si		Si	Si
Sistema Satelital	Posible	No		No	Posible
Sistema Híbrido	No	Si		Si	No
Sistema de Banda ancha o Banda estrecha.	Banda Ancha 1.5MHz	Banda Estrecha 18/20 KHz	Banda Estrecha 200KHz	Banda Estrecha 9-18KHz	Banda ancha 0.4 ó 1.3MHz
Modulación	COFDM (DQPSK, QPSK)	COFDM (16-QAM, 64-QAM)		COFDM (16-QAM, 64-QAM)	COFDM (DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
Velocidades de datos máximas	1.2 Mbps	Aprox. 20 – 40Kbps	Aprox. 98Kbps	Aprox. 24Kbps	0.3 – 5.3 Mbps
Multiplex de servicios	Si	Si		Si	Si
Método de codificación de audio	MPEG-1 capa 2 y MPEG-2 capa 2	PAC		MPEG-4, AAC	MPEG-2 capa 2 MPEG-2 AAC, AC-3
Calidad de audio	"CD" a 192 – 225Kbps	"FM" a 20-40Kbps	"CD" a 98Kbps	"FM mono" a 24Kbps	MPEG-2 AAC: "CD" a 144Kbps
Infraestructura	Sitios FM/TV	Sitios AM	Sitios FM	Sitios AM	Sitios FM/TV
Estandarización	Extensa	Estándar Limitado		Alto	Algo
Receptores disponibles	Si	Si		No	Si
Sistemas Trabajando	Si	Si		Si	Japón, y países de Sudamérica

FIGURA IV. 23. TABLA COMPARATIVA DE ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL

Fuente: Australian Broadcasting Authority. (2003). Digital Radio Technology Update.

CAPITULO V

PROPUESTA TÉCNICA PARA MPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR DRM

5.1 ASPECTO TÉCNICO

Para analizar la factibilidad técnica de un proyecto de radiodifusión digital sonora, se realizarán simulaciones de los enlaces y sus valores correspondientes a ser tomados en cuenta para la transmisión y recepción del servicio.

En este capítulo se describen las características principales de transmisión posibles y además de los aspectos a ser tomados en cuenta para una normalización en una segunda parte se desarrollarán las respectivas proyecciones de enlaces para luego analizar los resultados obtenidos. Con el uso de distintas aplicaciones de software especializadas en enlaces, propagación y cobertura podremos realizarla simulación y a partir de los resultados obtenidos hacer un análisis de comprobación de transmisión.

5.2. INTRODUCCIÓN

Para el efecto de la transición de la radiodifusión analógica a la digital es necesario establecer ciertas políticas que abarquen temas importantes como la repartición del espectro radioeléctrico, la reglamentación sobre nuevos servicios vitales de controlar como de educación, entretenimiento e información.

Cabe recalcar que en todo proceso de evolución tecnológica es vital considerar que todas aquellas decisiones que sean tomadas desde un principio del proceso sobre las normas técnicas, modelos de negocio y distribución de recursos tienden a demarcar la trayectoria futura de la industria por lo que dicho proceso requiere de un análisis profundo.

Se proyecta que se deberá realizar un estudio técnico con el objetivo de establecer un control de las emisiones para garantizar el buen funcionamiento y operación de las estaciones futuras de radiodifusión sonora digital. Es necesario ver la situación actual de las bandas de frecuencias y canales para el servicio de AM y Onda Corta debido a que actualmente no existen normas técnicas de regulación de ninguno de estos servicios en el Ecuador y su creación es muy necesaria previo a la adopción de un estándar digital para facilitar la implantación de esta tecnología y así controlar y garantizar el buen funcionamiento del servicio tanto analógico existente como el futuro digital tanto en primera instancia en el país y de allí que permita la distribución en la ciudad de Riobamba.

También se deben realizar estudios de factibilidad para la implementación del estándar DRM para su futura puesta en operación incluyendo un análisis de la existencia o no de un mercado que permita la justificación de las inversiones en esta tecnología por parte de los radiodifusores para brindar los servicios de radio digital y el impacto social que esto causaría en nuestra ciudad.

5.3. SERVICIOS A TRAVÉS DE ONDAS CORTA, MEDIA Y LARGA

Según las normas internacionales se considera planes regionales de transmisión para los países miembros de la ITU en las bandas de AM debajo de 30 MHz por lo que se consideran en dos partes contenidas en onda larga y onda media del espectro. Por otro lado se define lo de las bandas de onda corta, la planeación se hace de forma mucho más flexible, teniendo en cuenta las variaciones diurnas, de estación y de manchas solares en la propagación cuando se determina la asignación del espectro.

En el caso del espectro de onda media y onda larga están vigentes tres acuerdos, el Acuerdo de Ginebra de 1975 (GE75), que cubre las Regiones 1 y 3 de la ITU y emplea una división de 9 KHz de frecuencia y los Acuerdos de Río de Janeiro de 1981 (R81) y 1988 (R88), que cubren la Región 2 y emplean una división de 10 KHz de frecuencia.

En el caso de planeación en onda corta, todas las tres regiones usan la misma división de 10 KHz de frecuencia y la planeación, para la mayoría de países, se lleva a cabo a través de la HFCC.

5.4. PROPUESTA DE NORMA TÉCNICA PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL (DRM).

El propósito de adentramiento a este tema es establecer un marco técnico que permita normalizar la canalización y las condiciones técnicas para la distribución y asignación de frecuencias radioeléctricas analógicas y digitales en el territorio nacional, minimizando las interferencias, de tal forma que se facilite la operación de los canales y se racionalice la utilización del espectro radioeléctrico para la operación de estaciones del servicio de radiodifusión sonora digital terrestre debajo de 30 MHz, Digital Radio Mondiale, de conformidad con la Constitución, recomendaciones de la UIT y realidad nacional.

5.4.1. Bandas de Transmisión

El sistema DRM es un sistema digital para las bandas de radiodifusión AM debajo de 30 MHz. El servicio de radiodifusión sonora digital DRM se establece en:

Banda de media frecuencia (MF, onda media): desde 525 KHz a 1,705 KHz atribuidas al servicio de radiodifusión sonora en amplitud modulada.

Bandas de alta frecuencia HF, onda corta, son usadas en la zona tropical del planeta como alternativa a la radiodifusoras de onda media por lo que son usadas mayoritariamente por emisoras locales:

3,200 – 3,400 KHz (banda 90 metros)

4,750 – 4,995 KHz (banda 60 metros)

5,005 – 5,060 KHz (banda 60 metros)

Las bandas de alta frecuencia HF, onda corta, que son atribuidas al servicio de radiodifusión sonora internacional, son usadas por las emisoras internacionales para sus emisiones de cobertura mundial:

5,950 – 6,200 KHz (banda 49 metros)

7,300 – 7,350 KHz

9,400 – 9,900 KHz (banda 31 metros)

11,600 – 12,100 KHz (banda 25 metros)

13,570 – 13,870 KHz (banda 21 metros)

15,100 – 15,800 KHz (banda 19 metros)

17,480 – 17,900 KHz (banda 16 metros)

18,900 – 19,020 KHz

21,450 – 21,850 KHz (banda 13 metros)

25,670 – 26,100 KHz (banda 11 metros)

El sistema DRM, está diseñado para ser utilizado en cualquier frecuencia en las bandas de VHF, con restricciones de canalización variables y las condiciones

de propagación a través de estas bandas. Con el fin de satisfacer estas limitaciones de funcionamiento, diferentes modos de transmisión están disponibles.

5.4.2. Canalización de la Banda.

Ondas hectométricas

En la banda de frecuencias de 525 a 1705 KHz destinada al servicio de radiodifusión sonora AM, se establecen 118 canales de 10 KHz de anchura de banda cada uno. Las frecuencias de las portadoras de 530 a 1700 kHz están asignadas a intervalos de 10 kHz como se indica en la figura V. 24. a continuación:

Frecuencia asignada, f_c	En incrementos de 10 kHz, desde 540 a 1,700 kHz
Ancho de banda del canal	10 kHz
Estabilidad de la frecuencia de la portadora	± 20 Hz de la frecuencia asignada
Frecuencias de canal claro (Una estación clase A de 50 kW) (No direccional)	640, 650, 660, 670, 700, 720, 750, 760, 770, 780, 820, 830, 840, 870, 880, 890, 1,020, 1,030, 1,040, 1,070, 1,100, 1,120, 1,160, 1,180, 1,200 y 1,210 kHz
Frecuencias de canal claro (Múltiples estaciones de 50 kW) (Direccional nocturna)	680, 710, 810, 850, 1,000, 1,060, 1,080, 1,090, 1,110, 1,130, 1,140, 1,170, 1,190, 1,500, 1,510, 1,520 y 1,530 kHz
Frecuencias de canal claro (Para las Bahamas, Cuba, Canadá o México)	540, 690, 730, 740, 800, 860, 900, 940, 990, 1,010, 1,050, 1,220, 1,540, 1,550, 1,560, 1,570 y 1,580 kHz
Frecuencias de canal local (Estaciones de 1 kW)	1,230, 1,240, 1,340, 1,400, 1,450 y 1,490 kHz
Máxima potencia autorizada	50 kW
Radio de información a viajeros (50 W máximo, 10 W usualmente)	En incrementos de 10 kHz desde 530 a 1,700 kHz

FIGURA V. 24. DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE AM PARA RADIODIFUSIÓN DIGITAL

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Ondas decamétricas

En las bandas de frecuencias para onda corta tropical se ha dividido en 49 canales, numerados del 119 al 167, con separación de 10 KHz. Tiene subrangos los cuales se describen a continuación:

- Banda de 3,200 KHz a 3,400 KHz(119-138)
- Banda de 4,750 KHz – 4,995 KHz(139-162)
- Banda de 5,005 – 5,060 KHz(163-167)

La asignación de frecuencias en las bandas de onda corta superiores a 5,060 KHz requiere de un proceso de coordinación internacional efectuado en la UIT y la HFCC.

5.4.3. Grupos de Frecuencias.

Para la distribución y asignación de frecuencias para la banda de AM en el territorio nacional, se establecen 8 grupos de frecuencias, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 con separación de 80 KHz entre frecuencias centrales del mismo grupo. Los grupos G1, G2, G3, G4, G5 y G6 cuentan con 15 frecuencias y los grupos G7 y G8 con 14 frecuencias.

Para la asignación de canales consecutivos (adyacentes), destinados a servir a una misma zona geográfica, la separación mínima será de 20 KHz entre cada estación AM de la zona.

5.4.4. Distribución de Frecuencias.

La distribución de frecuencias para el servicio de radiodifusión analógica se realiza por grupos de frecuencias asignadas a las provincias, en el caso de la Provincia de Chimborazo, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de esta provincia. Grupos de frecuencias 1, 3 y 5 de tal manera que se minimice la interferencia cocanal y de canal adyacente. Cabe señalar que la distribución de frecuencias para el servicio de radiodifusión sonora digital terrenal no tiene ningún patrón de referencia puesto que nuestro país no cuenta hasta hoy con una norma técnica

para la banda de radiodifusión por amplitud modulada ni por onda corta, pero el sistema DRM brinda la facilidad de trabajar en la canalización actual y en las frecuencias ya asignadas.

Se deberá considerar como referencia las actuales asignaciones de frecuencias para conseguir la distribución de frecuencias con el menor número de cambios.

También se deberá prever la posibilidad de realizar modificaciones a la distribución de frecuencias para la implementación de redes de frecuencia única SFN (Single Frequency Network), para la optimización del uso del espectro radioeléctrico y facilidad de planificación a futuro.

5.4.5. Distancia Mínima entre Frecuencias.

Aquella que garantiza que los valores de intensidad de campo establecidos en la norma se cumplan por parte de las estaciones sin que ocurran interferencias. Las distancias mínimas entre estaciones cocanal y de canal adyacente se determinan sobre la base del cumplimiento de las relaciones de protección entre estaciones cocanal y de canal adyacente que se indican en las características técnicas de la presente norma.

5.4.6. Área de Servicio.

Circunscripción geográfica en la cual una estación irradia su señal en los términos y características técnicas contractuales, observando la relación de protección y las condiciones de explotación.

El área de operación de una estación de radiodifusión digital DRM está limitada por el contorno protegido contra interferencias dado por diferentes valores de intensidad de campo eléctrico de recepción del sistema que se indica en las características técnicas.

5.4.6.1. Área de Cobertura Principal.

Ciudad o poblado, específicos, cubiertos por irradiación de una señal DRM, con características detalladas en el respectivo contrato de concesión.

5.4.6.2. Área de Cobertura Secundaria o de Protección.

La que corresponde a los alrededores de la población señalada como área de cobertura principal, que no puede ni debe rebasar los límites de la respectiva área.

No se requerirá de nueva concesión cuando dentro de una misma provincia se reutiliza la frecuencia concedida para mejorar el servicio en el área de cobertura secundaria.

5.4.6.3. Área de Cobertura Autorizada.

Superficie que comprende el área de cobertura principal, más el área de cobertura secundaria de protección.

5.4.7. Asignación de frecuencias.

La Superintendencia tiene a su cargo la administración de contratos de los servicios de radiodifusión y televisión. Su trabajo consiste en analizar y emitir los informes técnicos de factibilidad de las solicitudes para concesiones de frecuencias y autorizaciones.

Mediante resolución del CONATEL se asignan las frecuencias y los parámetros técnicos de estaciones de radiodifusión sonora y de televisión, televisión por cable, televisión codificada terrestre y frecuencias auxiliares de radiodifusión y televisión. Posteriormente, se elaboran los respectivos contratos, clasificados de acuerdo al siguiente detalle:

- Nuevos contratos de concesión y de autorización
- Contratos modificatorios
- Concesiones de frecuencias

- Devoluciones y concesiones
- Modificación de parámetros técnicos
- Frecuencias auxiliares
- Actas de puesta en operación
- Renovación de contratos de concesión y de autorización, entre otros.

Para la autorización del trámite de asignación y concesión de frecuencias para radiodifusión sonora digital DRM será de acuerdo con los siguientes criterios:

- Informe favorable de la Superintendencia de Telecomunicaciones sobre: la disponibilidad de frecuencias, la ubicación propuesta del transmisor, el estudio de ingeniería y el análisis de interferencias.
- La finalidad de la estación en relación con el desarrollo de zonas fronterizas y marginales del país o de servicio social.
- La calidad de la estación que propone establecer, servicio a prestar, programación y tecnología del equipo a instalar.
- Información sobre el número de frecuencias que quedarían libres en la zona que se propone adjudicar.
- La asignación de frecuencias para las estaciones se realizará para cada zona de operación de conformidad con los grupos de frecuencias establecidos en la presente norma y el cumplimiento de las relaciones de protección para frecuencias cocanal y de canal adyacente.
- Todo concesionario podrá reutilizar un cocanal en una misma zona geográfica, para dar cobertura a su área designada con repetidoras.

5.4.8. Características Técnicas

Pará el análisis de la propuesta técnica es necesario tomar en ciertas características técnicas necesarias para el estudio.

5.4.8.1. Separación de canales.

El plan está basado en una separación entre canales para AM de 10 KHz a partir de 530 KHz hasta 1,700 KHz como se indicó anteriormente. Para onda corta tropical el ancho de banda asignado es de 10 KHz, la separación de frecuencias dentro de la distribución nacional será de 10 KHz.

5.4.8.2. Anchos de banda DRM

El sistema DRM está diseñado para usarse:

- En anchos de banda de 9 o 10 KHz para satisfacer la situación de la planificación actual.
- En anchos de banda de 4.5 KHz o 5 KHz para permitir el simulcast con señales analógicas AM.
- En anchos de banda de 18 KHz o 20 KHz para proporcionar una mayor capacidad de transmisión.

5.4.8.3. Modos de Robustez DRM

En la especificación de DRM, existen cuatro modos de robustez con diferentes parámetros para la división de frecuencia ortogonal del esquema de transmisión múltiplex (OFDM) se definen para las diversas condiciones de propagación en las bandas MF, HF y LF, como se hace referencia en la tabla V. VIII. siguiente:

MODO	ROBUSTEZ	CONDICIONES TÍPICAS DE PROPAGACIÓN	BANDAS DE FRECUENCIA
A	MEDIA	CANALES DE ONDA DE SUPERFICIE CON DESVANECIMIENTO REDUCIDO	LF, MF
B	ALTA	CANALES SELECTIVOS EN TIEMPO Y FRECUENCIA, CON DISPERSIÓN DE RETARDO SUPERIOR	MF, HF
C	ALTA/MUY ALTA	COMO EL MODO DE ROBUSTEZ B, PERO CON DISPERSIÓN DOOPLER SUPERIOR	SÓLO HF
D	MUY ALTA	CON EL MODO DE ROBUSTEZ B, PERO CON RETARDO Y EFECTO DOOPLER SEVERO.	SÓLO HF

TABLA V. VIII. MODOS DE ROBUSTEZ DRM.

Fuente: Recommendation ITU-R BS.1615-1.pdf

5.4.8.4. Modulación y Niveles de Protección

Los servicios de audio se transmiten en el canal de servicio principal (MSC) del múltiplex DRM. Para todos modos de robustez hay dos esquemas de modulación diferentes (16 - o 64-QAM) se definen para el MSC, que puede ser usado en combinación con uno de los dos (16-QAM) o cuatro (64-QAM) niveles de protección, respectivamente.

Cada nivel de protección se caracteriza por un conjunto de parámetros específico para los dos (16-QAM) o tres (64-QAM) codificadores convolucionales, dando lugar a un cierto tipo de código de media para el conjunto de niveles múltiples proceso de codificación en el modulador. En la tabla V. IX. se describen los niveles de protección según su modulación:

TIPO DE MODULACIÓN	Nº DE PROTECCIÓN DE NIVEL	TASA DE CÓDIGO PROMEDIO
16-QAM	0	0,5
	1	0,62
64-QAM	0	0,5
	1	0,6
	2	0,71
	3	0,78

TABLA V. IX. NIVELES DE PROTECCIÓN SEGÚN LA MODULACIÓN.

Fuente: Recommendation ITU-R BS.1615-1.pdf

5.4.8.5. Potencias de las Estaciones.

La potencia digital DRM se debe mantener alrededor de 7 dB menos que la potencia de las transmisiones analógicas con planificación de canales en la banda de ondas hectométricas. La capacidad de cobertura del sistema DRM para la utilización en esta banda, con la disminución de potencia señalada, será similar a la que existe actualmente para las transmisiones analógicas.

5.4.8.6. Intensidad de Campo Utilizable.

En la Recomendación UIT-R BS.1514, el uso del sistema DRM se recomienda que para lograr una calidad suficientemente alta del servicio para un servicio de audio DRM digital, se necesita una tasa de error de bit (BER) de aproximadamente 10^{-4} . La S/N requerida a la entrada del receptor para lograr este BER es dependiente, aparte de los parámetros del sistema, de las condiciones de propagación de la onda en las diferentes bandas de frecuencia. En los valores en relaciones S / N necesarios para lograr este BER se dan para la propagación típica condiciones en las bandas de frecuencias pertinentes. Los valores se obtuvieron por medio de pruebas con receptor equipamiento desarrollado recientemente sobre la base de la especificación actual DRM publicado como TS 101 980 (V1.1.1) en septiembre de 2001 por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). Con estos valores de S / N las correspondientes fortalezas mínimas de campo utilizables se pueden calcular Ver Anexo 1 Recommendation ITU-R BS.1615-1.

5.4.9. Relaciones de Protección para la radiodifusión DRM.

Para poder introducir el sistema DRM en un entorno existente, debe asegurarse que la señal digital modulada no cause más interferencia sobre otras estaciones AM existentes que la que produce la señal AM a la que sustituye el sistema DRM. Por otro lado, la interferencia procedente de las estaciones AM existentes debe de ser lo suficientemente baja como para permitir una recepción fiable de la señal digital. Por lo tanto, se requieren relaciones de protección para los siguientes cuatro casos:

- La recepción de AM interferida por transmisiones de AM (AM-AM).
- La recepción de AM interferidas por señales con modulación digital (AM DIG).
- Recepción de señales con modulación digital interferida por transmisiones de AM (DIG-AM).

- Recepción de señales con modulación digital interferidas por modulación digital señales (DIG-DIG).

Las características de un receptor para señales moduladas digitalmente se describen por su selectividad. El poder de todos los componentes espectrales que caen en su banda de paso se resume, ya sea como señal deseada o no deseada.

Puede ser necesario ampliar el modelo de cálculo con el fin de permitir el cálculo de RF relaciones de protección para las transmisiones de difusión simultánea, lo que lleva a cinco casos de interferencia adicionales:

- La recepción de AM interferida por transmisiones simulcast (AM-SIM).
- Recepción de señales con modulación digital interferida por transmisiones simulcast (DIG-SIM).
- Recepción Simulcast interferida por transmisiones de AM (SIM-AM).
- Recepción Simulcast interferida por señales moduladas digitalmente (SIM - DIG).
- Recepción Simulcast interferida por transmisiones simulcast (SIM-SIM).

Las diferencias en las relaciones de protección para los diferentes modos de robustez DRM son bastante pequeñas. Si una transmisión analógica es sustituida por una señal DRM cuyo nivel de potencia es 7 dB más bajo, otras transmisiones existentes no recibirán ni causarán interferencia inadmisibles. Durante la fase de transición entre el actual entorno de radiodifusión analógica y el futuro entorno digital, los servicios digitales y analógicos deberán coexistir.

5.4.9.1. Niveles de Emisiones no Esenciales.

Los niveles de emisiones no esenciales suministrados por un transmisor a la línea de transmisión de la antena, deberán atenuarse como mínimo 80 dB por debajo de la potencia media dentro de la anchura de banda necesaria.

5.4.9.2. Protecciones contra Interferencias.

Será responsabilidad del concesionario que genere interferencias, incorporar a su sistema los equipos, implementos o accesorios indispensables para atenuar en por lo menos 80 dB las señales interferentes.

5.4.9.3. Distorsión por Intermodulación.

No debe ser mayor del 1%, que representa un valor de -40 dB con relación al nivel nominal.

5.4.9.4. Tolerancia de Frecuencia.

La frecuencia del transmisor se quedará dentro de la tolerancia de ± 10 Hz.

5.4.9.5. Tolerancia de Potencia.

La potencia de salida promedio estará dentro de $\pm 10\%$ de la potencia de salida valorada bajo condiciones de operación normales definidas por el fabricante.

5.4.9.6. Umbral Límite de Recepción Correcta.

Para una recepción sin ningún corte audible se puede tener un valor de Audio inferior al 98% umbral.

5.4.9.7. Factor de cresta de potencia promedio.

El transmisor debe operar con un factor de cresta aproximadamente de 10 dB para evitar que la señal digital sea recortada dentro de las fases del transmisor ya que el recorte excesivo de la señal dentro del transmisor causaría la generación de productos de intermodulación en el canal.

5.4.9.8. Tasa de error de modulación MER.

La MER es un parámetro para medir la calidad de la señal transmitida. Se define como la suma de los cuadrados de las magnitudes de los vectores del símbolo ideales dividida por la suma de los cuadrados de las magnitudes de los vectores de error de símbolo. El resultado se expresa como una relación de potencia en dB. No será menos de 30 dB.

5.4.10. Sistema de transmisión.

A continuación se detallan los componentes del sistema de transmisión:

Transmisor: El diseño del equipo transmisor debe ajustarse a los parámetros técnicos y a las características autorizadas. Deberá contar con instrumentos de medición básicos.

Línea de transmisión: La línea que se utilice para alimentar la antena debe ser guía de onda o cable coaxial, con características de impedancia que permitan un acoplamiento adecuado entre el transmisor y la antena, con el fin de minimizar las pérdidas de potencia.

Antena: Los sistemas radiantes actualmente empleados para radiodifusión analógica en amplitud modulada son torres verticales omnidireccionales; las antenas para la radiodifusión digital de preferencia deberán ser antenas directivas; darán lugar a patrones de radiación y estarán orientadas para irradiar a sectores poblacionales de acuerdo a los requerimientos y autorizaciones establecidas en el contrato.

Las torres que soporten las antenas podrán ser compartidas con otros concesionarios u otros servicios, siempre y cuando cumplan con sus respectivas normas y parámetros técnicos.

Equipos de estudio: El concesionario tiene libertad para: configurar los equipos y sistemas de estudio, de acuerdo a sus necesidades y para instalar o modificar los estudios en todo aquello necesario para el funcionamiento de la estación.

Enlaces: Los equipos de enlace se ajustarán a los parámetros técnicos que garanticen la comunicación sin provocar interferencias. Los enlaces que se requieran para el servicio de radiodifusión sonora digital, se asignarán en las bandas destinadas para frecuencias auxiliares del servicio de radiodifusión. Las

frecuencias principales del servicio de radiodifusión sonora de amplitud modulada no podrán ser utilizadas para enlaces.

5.4.10.1. Ubicación de los Transmisores.

Los sitios para la ubicación de antenas transmisoras que utilice la estación, deberán estar alejados de aeropuertos, radiofaros, sistemas de radiocomunicaciones de socorro, de seguridad de la vida y de seguridad nacional.

Las instalaciones de las antenas cercanas a pistas de aterrizaje o aeropuertos, cumplirán además con las regulaciones de la Dirección de Aviación Civil en lo referente a luces de señalización en las áreas que están bajo las líneas de vuelo y aproximación a aeropuertos para la protección de la aeronavegación.

Si los sitios de ubicación de las antenas estuvieran cerca de instalaciones militares, se deberá solicitar la autorización respectiva al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, excepto en aquellos lugares donde ya existen otras concesionario dará oportuno aviso a la SUPERTEL antes de realizar la instalación.

Los equipos transmisores de las estaciones radiodifusoras de onda media y corta, deberán instalarse fuera de la línea perimetral urbana y límites poblados de la ciudad y estarán ubicados en sitios equidistantes con respecto al centro de la ciudad, objeto del área primaria de transmisión.

Para la autorización de la ubicación de la estación se realizará previamente el análisis del estudio de ingeniería que presente el solicitante, en el que se interferirá a otras estaciones de radiocomunicaciones o sistemas de telecomunicaciones.

El estudio y el transmisor de la estación de radiodifusión deberán estar ubicados dentro de la misma zona de servicio autorizada, conforme el contrato de concesión de frecuencia respectivo.

5.4.10.2. Instalación de las Estaciones.

Se harán de acuerdo a los parámetros técnicos definidos en el contrato de concesión. La instalación puede ser compartida con otras estaciones y servicios similares.

Los transmisores

Se instalarán y operarán de conformidad con lo estipulado en el contrato de concesión, de acuerdo a las normas internacionales, incorporando niveles de seguridad adecuados. En el transmisor se deberá disponer de:

- El nombre de la estación y el indicativo proporcionado en el contrato de concesión.
- Dispositivos de seguridad y protección para el operador y para los equipos.
- Instrumentos o dispositivos que permitan la lectura de la potencia de salida del transmisor y de las características de modulación y voltaje de la fuente de poder.
- Para la transmisión digital DRM debe asegurarse que la potencia digital sea 7 dB menor que la potencia analógica para ondas hectométricas y 4 dB menor para ondas decamétricas para una misma área de cobertura designada.
- Sistema de tierra apropiada para el transmisor y para la antena.
- Sistema de balizas diurno y nocturno para seguridad aérea.

Estudio Principal.

Es el ambiente y área física cubierta y funcional, parte de la edificación correspondiente al domicilio legal de la estación matriz y sitio desde el cual se origina la programación diaria de la estación.

El estudio principal podrá recibir y difundir programación mediante frecuencias auxiliares y cualquier otro tipo de enlace debidamente autorizado por el CONATEL.

Un sistema automatizado e independiente, instalado en el sitio donde se encuentre funcionando el transmisor, no constituye estudio principal, pues se altera la esencia del contrato.

Estudios Secundarios.

Aquellos localizados fuera del área de cobertura principal, que pueden ubicarse en la misma o diferente zona geográfica; serán de carácter permanente o temporal y destinados para programación específica, podrán acceder a enlaces para la transmisión o utilizar cualquier otro enlace que no requiera autorización expresa. Las direcciones y ubicación de los sitios deberán notificarse oportunamente a la SUPERTEL.

Estudios Móviles.

Los que fundamentalmente tienen como origen de la programación, vehículos o sitios especiales del territorio nacional o del exterior, tienen programación de carácter ocasional y utilizan como enlaces frecuencias auxiliares, terrestres, satelitales u otros sistemas.

Operación de las Estaciones.

Una vez concluidas las instalaciones, el concesionario comunicará a la Superintendencia de Telecomunicaciones el inicio de la operación de la estación.

La Superintendencia podrá disponer la inspección de las instalaciones realizadas y la medición de las características técnicas de operación de la estación, con el objeto de constatar que no se produzcan interferencias, que se cubra la zona de servicio autorizada, verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos y demás características autorizadas en el respectivo contrato de concesión.

En caso que la estación no cubra la zona de servicio autorizada o se produzca interferencias, la Superintendencia dispondrá que se realicen los ajustes necesarios en relación con la potencia, el sistema radiante, filtros y aspectos técnicos relacionados con el funcionamiento de la estación y con la eliminación de interferencias.

El concesionario está en la obligación de brindar facilidades, proveer la información necesaria y permitir el libre acceso de los funcionarios de la Superintendencia de Telecomunicaciones, para las inspecciones periódicas correspondientes al proceso de instalación y durante la operación regular del sistema.

En los contratos de concesión se estipularán las condiciones de operación y las restricciones respectivas en relación a la potencia, sistema radiante, atenuación de señales no esenciales y otros aspectos técnicos que se requieran.

Es responsabilidad del concesionario solucionar los problemas de interferencias de cualquier tipo que pueda ocasionar la señal, a las estaciones de radiodifusión o a otras estaciones de radiocomunicaciones, para lo cual

modificará las características técnicas de radiación, instalación, ubicación de la estación, potencia, frecuencia, conforme las disposiciones que emitan el CONATEL y la Superintendencia de Telecomunicaciones en el ámbito de competencia.

5.5. INTRODUCCIÓN DE DRM PARA FM

Si bien es cierto se ha venido hablando de que el objetivo del estándar de radiodifusión en sus principios según el consorcio DRM fue para frecuencias por debajo de los 30 MHz y el estudio es dirigido hacia resaltar más sobre las frecuencias en AM es necesario recalcar que si bien es cierto se puede dar un giro y rescatar las transmisiones de las estaciones que emiten sus programas en estas bandas hay que analizar que la mayoría de oyentes en la actualidad son direccionados mas solo a escuchar las estaciones en FM por ende para poder implementar en la radiodifusión digital el estándar DRM por sus múltiples beneficios presentados y estudiados en capítulos anteriores existe una extensión del estándar DRM llamado DRM Plus (DRM+) en el cual la idea principal es la misma presentada solo cambia parámetros debido al cambio de bandas.

5.5.1. Características DRM+

Entre las principales características que ofrece el estándar DRM a la radiodifusión en la banda de FM es ofrecer mejor calidad del sonido, optimización en el uso del espectro radioeléctrico, mejor cobertura usando la misma potencia en los transmisores y la capacidad de formar redes SFN.

Las características técnicas principales es un ancho de banda de 100 KHz utiliza la modulación OFDM con modulación de sub-portadoras 4, 16,64 QAM una tasa de error de bit de 10^{-4} y el canal al que va dirigido es el área urbana. A continuación se detallan los parámetros del estándar DRM+ en la tabla V. X.

Tipo de Modulación	AB(KHz)	#sub-portadoras	Duración QAM(ms)	Duración Símbolo OFDM(ms)	#Símbolos pilotos OFDM	Intervalo de Guarda(μ s)
4-QAM	100	266	2,667	2,833	11	166,667
16-QAM	100	132	1,333	1,5	11	166,667
64-QAM	100	66	0,667	0,833	11	166,667

TABLA V. X. PARÁMETROS DEL ESTÁNDAR DRM+ PARA FM.

Fuente: Recommendation ITU-R BS.1615-1.pdf

El transmisor DRM+ ofrece la oportunidad de difundir audio de buena calidad así como servicios de datos de valor añadido al igual que en AM, para la banda de FM (88 – 108 [MHz]).

En consecuencia para un diseño de una radiodifusora digital se ha optado por el estándar DRM debido a su amplia aplicación en las bandas el estándar puede operar en las bandas de frecuencias para Onda Larga desde los 148.5 [KHz] hasta los 283.5 [KHz], para el caso de Onda Corta desde 2.3 [MHz] hasta los 26.1 [MHz] y DRM+ permite trabajaren bandas desde los 30 [MHz] hasta los 120 [MHz] (FM).

5.6. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR DRM

Una de las principales razones por las cuales se ha optado el estándar DRM es que ya se están realizando pruebas y es un estándar pionero en la migración de la radio digital se describe a continuación parámetros principales que fueron tomados cuenta para el presente estudio:

- a) La distribución de frecuencias del estándar DRM en el espectro radioeléctrico coincide con la actual distribución de frecuencias de la banda AM y FM en nuestro país, para AM se utiliza un ancho de banda de 10 [KHz] y una canalización de 20 [KHz]. DRM + para operar en la banda de FM usan un ancho de banda de 200 [KHz] y una canalización

de 400 [KHz]. Y para la propagación de la señal DRM en Onda Corta es necesario un ancho de banda de 10 [KHz].

- b) El sistema DRM permiten ofrecer coberturas similares a las brindadas por el actual servicio analógico pero utilizando valores de potencias inferiores. La potencia requerida en un transmisor para cubrir un área determinada es menor en comparación a la requerida usando la tradicional radiodifusión analógica (AM y FM). Además de que con un solo transmisor se puede llegar a cubrir áreas mayores lo que ayudaría a disminuir mejorablemente el consumo de energía evitando así la contaminación ambiental electromagnética.

El rango de valores de potencia del transmisor DRM va desde 30 [w], 50 [w], 100 [w], 200 [w], 500 [w], 1[Kw], 2 [Kw], 3 [Kw], 5 [Kw], 10 [Kw], 20 [Kw].

- c) El estándar DRM permite ofrecer adicionalmente servicios de valor agregado, como informes del tiempo y tráfico, noticias y reportes informativos, más la emisión simultánea en segunda lengua, envío de señales de datos a través de los mismos medios de audio.
- d) Los costos de equipamiento son bajos en relación con otros estándares de similares características.
- e) En muchos países del mundo ya se han empezado con pruebas de radio digital, donde se han tomado políticas regulatorias en base a recomendaciones de la UIT, DRM es un estándar aprobado por la UIT (ITU-R BS 1514) y estandarizado por la norma IEC 62272-1 Telecomunicaciones) además las especificaciones han sido estandarizadas por la ETSI.
- f) DRM es el único estándar universal y libre (no propietario) es decir que no se necesita ningún tipo de pago o licenciamiento.
- g) El sistema de radiodifusión DRM permite tener un eficiente uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico y mejor calidad de la señal para

el radioescucha, mediante la implementación de las redes de frecuencia única (SFN) que utiliza la modulación OFDM.

Con las razones técnicas mencionadas, se propone que el mejor estándar a implementarse en el país es el sistema DRM en la banda de AM y la extensión de dicho estándar (DRM +) por debajo de los 120 [MHz] para la radiodifusión en la banda FM. En la banda de onda corta la utilización del sistema DRM (modos C y D) presentan una gran robustez a la propagación de la señal en la región tropical.

5.7. PLANIFICACIÓN DE LA COBERTURA QUE SERÁ PARA ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

Según investigaciones realizadas y los informes del consorcio DRM hasta el momento no hay una herramienta de planificación disponible que se haya diseñado específicamente para calcular la cobertura y disponibilidad de las transmisiones de DRM. Sin embargo, varios miembros del consorcio planean rectificar esta situación preparando un nuevo proyecto para el diseño de un software de herramientas de planificación que tengan en cuenta los parámetros adicionales de propagación necesarios para el sistema DRM. Por el momento es necesario hacer un cálculo del campo de fuerza en el área de cobertura designada basado en una transmisión DSB analógica. Esto puede relacionarse a la potencia de la señal requerida por una transmisión de DRM que usa una combinación particular de modo de robustez, constelación de los canales del múltiplex y tasa de código para mantener la S/N necesaria para el servicio. Para los servicios por onda superficial, se puede esperar que este método proporcione resultados cerca de las medidas observadas, como el trayecto es simple y pequeño, se introduce el multi-trayecto para causar distorsiones en la señal.

Para los servicios por onda ionosférica, la predicción es mucho más compleja, ya que el servicio resultante no sólo dependerá en la potencia de la señal

entregada sino del nivel de dispersión Doppler y de retraso a los cuales la señal estará sujeta. La mayoría de herramientas en software basadas en predicción no estiman estos parámetros, o si lo hacen, no producen resultados fiables. No obstante, por el momento, las herramientas de predicción analógicas existentes se continuarán empleando. Sin embargo, se prevé que se desarrollarán nuevas herramientas en un futuro cercano, que apuntarán a proporcionar una estimación de estos parámetros adicionales de propagación.

5.7.1 Descripción de Transmisión

Para introducir a este tema es necesario recalcar los tipos de transmisión como radiodifusora:

1. Transmisión Local
2. Transmisión Regional

Para el primer caso es aquella en la cual el transmisor puede estar localizado o no en la zona del centro de estudios en el caso en que se encuentre en la misma zona este deberá ir conectado directamente mediante cables entre la salida del control maestro del centro de producción y la entrada del transmisor. Si el caso fuera que el transmisor se encuentra fuera de la zona, el transporte de la señal puede hacerse mediante cable, fibra óptica o radioenlaces de microondas.

Para el segundo caso es aquella transmisión donde la señal es originada en el centro de estudios, luego la señal es destinada a más de un transmisor y es necesario transportarla mediante radioenlaces microondas.

Si la señal emitida por los transmisores de la red no alcanza a dar una cobertura total se debe retransmitir la señal mediante repetidores ubicados en puntos adecuados para dar la cobertura a las zonas de sombra.

5.7.2 Estructura de Equipamiento de una Radiodifusora

A continuación se describen la estructura del equipamiento necesario para la implantación de una estación radiodifusora:

Estudio

El estudio de la estación de radiodifusión es el lugar donde se genera la programación que se va a difundir a los radioescuchas; la implementación del sistema DRM se encargará de recoger las entradas de audio y luego las transforma a un formato DRM. Del enlace desde el estudio hasta el transmisor, las señales llegan al excitador (señales analógicas y digitales), el excitador DRM cumple las funciones de administración de las fuentes de audio y adaptación al estándar DRM, además genera la señal OFDM para luego ser amplificada en el lado del transmisor.

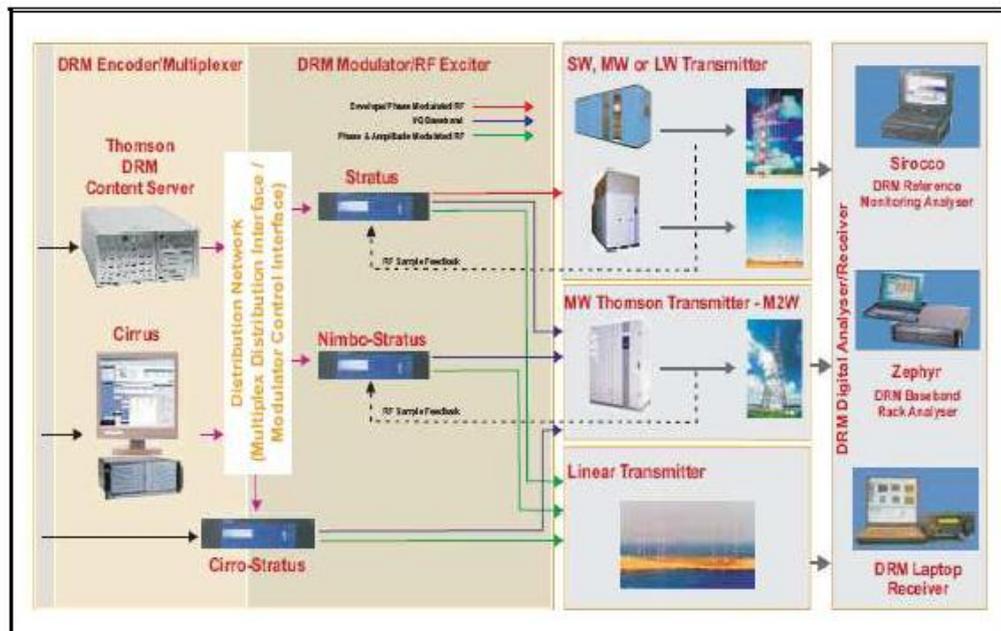


FIGURA V. 26. SISTEMA DE ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN DRM.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

En la figura V. 26. se detalla los componentes de una estación radiodifusora DRM.

Al transmitir con un nuevo formato de alta calidad, se deberá digitalizar la señal de audio. En las unidades de producción o estudios se elabora el programa propiamente dicho, se mezclan distintas señales sonoras como voz del locutor, música de distintas fuentes, señales recibidas desde el exterior, llamadas telefónicas, efectos sonoros (señales analógicas) para constituir una sola. El mezclador de sonido recibe las señales.

Aun cuando lo que se desea en sus indicios para la digitalización es que la estación sea implementada completamente digital desde el micrófono hasta el receptor, en muchos casos se puede conservar la mayor parte de los equipos del estudio, del enlace con la planta emisora, el equipo transmisor y el sistema radiante.

En el proceso de conversión análogo - digital de la estación radiodifusora, se puede conservar ciertos equipos del estudio, en la planta transmisora se puede incorporar un excitador digital entre el procesador de audio y el transmisor. En sistemas de AM que pasan a ser estéreo, se debe enviar una señal estéreo a la planta emisora. Hay que modificar los sistemas de enlaces desde el estudio de radiodifusión a la planta transmisora, debido que además de transmitir la señal de audio adicionalmente se deberá transmitir señales de datos. Si el procesamiento de audio está ubicado en la planta transmisora se puede utilizar un solo enlace, caso contrario, si está en el estudio, se requerirá enlaces distintos para emitir las señales analógicas y digitales proceso simulcast.

El proveedor de contenido de DRM

Como se ilustra en la figura V. 27. El proveedor de contenidos este equipo permite realizar proporciona la codificación para los servicio de audio y de datos, multiplexando todos estos servicios en una señal, y genera información de señalización requerida por el receptor para demultiplexar y decodificar el audio y los datos. La importancia de la calidad de audio ofrecida por el sistema

DRM requiere de un proveedor de contenidos que realice un tratamiento correcto de cualquier fuente de audio.



FIGURA V. 27. PROVEEDOR DE CONTENIDOS DRM.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Modulador DRM

Es el encargado de modular el canal donde el procesamiento de la señal digital se realiza en tiempo real. El modulador es capaz de entregar la señal dependiendo de los modos de transmisión DRM para un ancho de banda de 20 [KHz]. El codificador del canal ofrece diferentes niveles de protección para los diferentes modos de propagación de la señal en Onda Larga y Onda media. Se indica en la figura V. 28 un modulador DRM marca Telefunken:



FIGURA V. 28. MODULADOR DRM TELEFUKEN.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Transmisor

Se analizará los dos tipos de transmisor ya sea para AM o FM.

A través del transmisor DRM + se puede difundir audio de buena calidad incluido servicios de datos de valor añadido en la banda de FM (88 – 108 [MHz]). Este tipo de transmisor permite obtener una potencia de salida continuamente ajustable, donde se reduce el consumo de energía. Su operación es simple con señalización ante posibles fallas y permite controlar su funcionamiento remotamente. Se ilustra en la figura V. 29. un transmisor DRM para FM:



FIGURA V. 29. TRANSMISOR DRM+.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

El equipo transmisor utiliza un receptor GPS para operar en redes SFN, este receptor recibe información de los satélites GPS y proporciona señales de referencia en tiempo y frecuencia a cada uno de los repetidores.

En el caso de las radiodifusoras ya implantadas es necesario el requerimiento de un excitador, como se indica en la figura V. 30.



FIGURA V. 30. EXCITADOR DRM.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

En cuanto al transmisor DRM uno de los requisitos para el sistema DRM desde el principio fue que debía permitirles a las programadoras adaptar la planta de transmisión analógica existente para que pueda usarse para las transmisiones digitales y analógicas. Esta facilidad le permite a la programadora aumentar al máximo la inversión en la planta de transmisión actual y minimizar la inversión necesaria para introducir los servicios de DRM. Se indica en la figura V. 31. Un transmisor para AM incluido el sistema excitador:



FIGURA V. 31. TRANSMISOR DRM.

Fuente:<http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Sistema Radiante

Según la experiencia a la fecha del sistema con pruebas DRM en cuanto al sistema de antenas la mayoría de los sistemas existentes de transmisión de HF puede usarse para los servicios de DRM sin ninguna modificación y lo mismo ocurre con los sistemas de MF donde es improbable que el ancho de banda y de la característica de VSWR de una antena práctica resonante presente cualquier problema serio para DRM. Por lo tanto no será necesario hacer una inversión extra en esta parte de la cadena de transmisión.

En sistemas DRM+ se puede usar antenas de dipolos, diseñadas especialmente para la transmisión de señales estero en frecuencia modulada y su diseño está basado en la técnica de suma de campos de los dipolos.

Receptores DRM

Entre los equipos receptores que el usuario debe adquirir para poder acceder al servicio de radiodifusión, existen receptores para todo tipo de características y de diferentes precios, los oyentes no estarán comprando apenas una radio con mejor calidad de audio, sino también estarán recibiendo un servicio más reforzado y amistoso. Se podría sintonizar una estación escogiendo un nombre de un menú de estaciones y, particularmente para los oyentes de onda corta, el receptor siempre debe encontrar la mejor frecuencia de una región y tiempo del día. En la figura V. 32. se muestran ejemplos de receptores presentes en el mercado de la radiodifusión digital sus costos varía entre los 200 a 250 dólares se espera que con el tiempo los costos disminuyan considerablemente para que sean de fácil accesos para los radioescuchas.

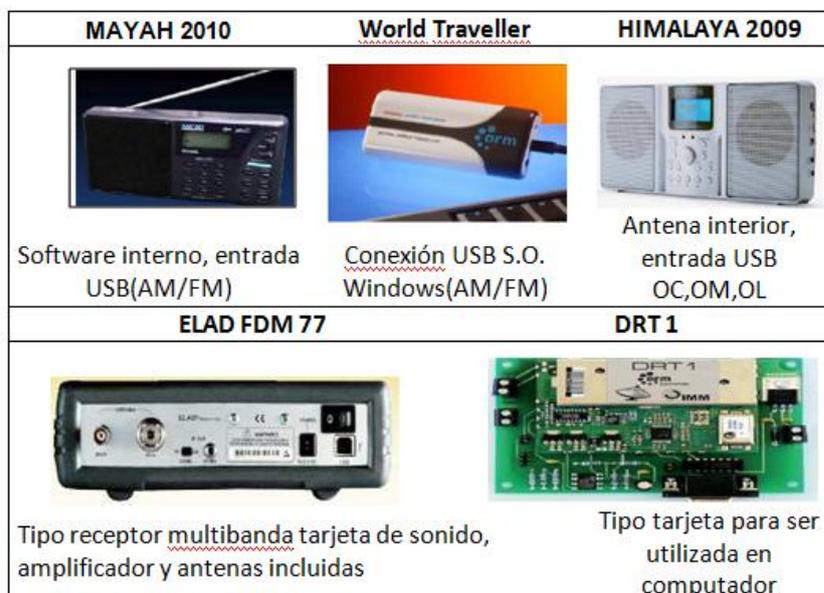


FIGURA V. 32. RECEPTORES DRM.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Equipamiento del sitio de transmisión

Para la ubicación del equipo del sistema de transmisión se debe tomar en cuenta el espacio físico adecuado para construir una pequeña caseta donde se va a ubicar el sistema de transmisión, básicamente conformado de la torre de soporte de la antena, línea de transmisión, el transmisor, el receptor y el sistema radiante.

Se necesita la implementación de radios para el caso de la radiodifusión sonora existen los Truepoint que son punto a punto.

Los radios Truepoint permiten a los proveedores de servicio seleccionar por software la capacidad, el nivel de modulación, la frecuencia RF y la potencia de salida necesaria para cumplir con los requerimientos administrativos y de eficiencia del espectro a nivel mundial. El radio microonda puede ser administrado y supervisado utilizando cualquier red SNMP o administrador de elemento. Además es un equipamiento que permite fácil configuración ya que se lo hace a través de direccionamiento IP.

5.7.3. Sistema de Enlaces

Para efectos de simulación de cobertura se ha tomado como ejemplo dos estaciones tanto en AM como en FM radio La Voz de Riobamba y Mundial FM. El sistema de enlace microondas se realizará desde el centro de producción de cada emisora, encargado de producir todos los programas, y el cerro de transmisión, encargada de distribuirlos a la Ciudad de Riobamba y sectores aledaños.

5.7.3.1 Puntos de Enlace

Se tomarán en cuenta 4 puntos 2 de las estaciones en AM y FM respectivamente, 1 del Cerro La Mira, 1 del Cerro Hignug Cacha, en la siguiente tabla V. XI. se indica los puntos para un enlace de una estación radiodifusora AM:

Enlace Estudio-Transmisor (AM)

PUNTO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
<i>La Voz de Riobamba</i>	78°38'45"W	01°40'12"S	2757 m
<i>Cerro La Mira de Bazán</i>	78°36'38"W	01°54'27"S	3717 m

TABLA V. XI. PUNTOS PARA ENLACE DE MICROONDA PARA ESTACIÓN AM.

Fuente: Información SUPERTEL

Este enlace comienza a partir de los estudios de la radio La Voz de Riobamba ubicada en la dirección Barón de Carondelet y Juan Montalvo hacia el Cerro la Mira con una distancia de 27 Km tiene línea de vista se muestra a continuación en la figura V. 33:

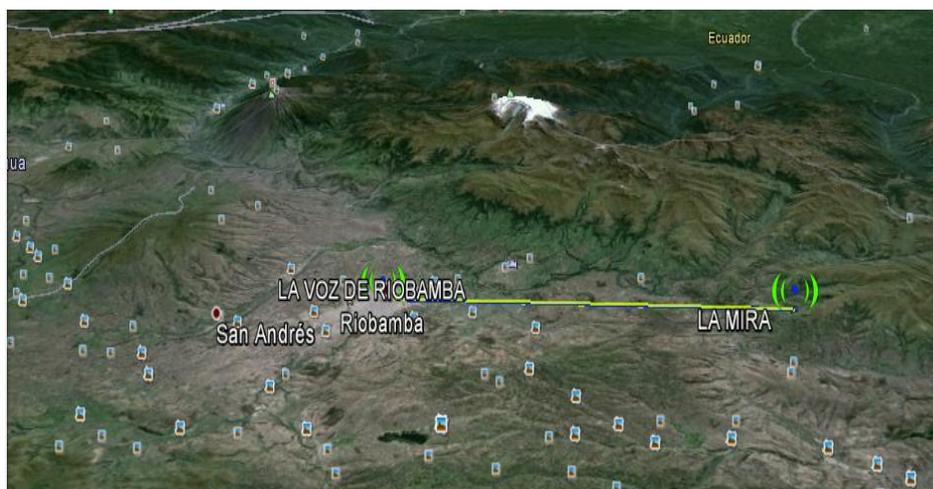


Figura V. 33. ENLACE LA VOZ DE RIOBAMBA – LA MIRA.

Fuente: Google Earth

El radio enlace desde el estudio – transmisor está destinado a llevar la programación desde los estudios de la radiodifusora hasta el lugar de transmisión; las frecuencias para la estación es 1150 KHz. para el caso de una radiodifusora la frecuencia es asignada en las bandas destinadas para frecuencias auxiliares del servicio de radiodifusión y televisión, indicados en el Plan Nacional de Distribución de frecuencias. Se encuentra una antena de transmisión en la parte superior del edificio a una altura de 10 metros. En la figura V. 34 se muestra la imagen de una antena utilizada para la transmisión desde el estudio de producción:

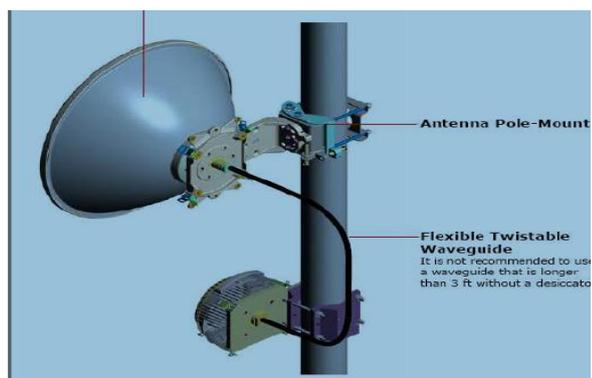


FIGURA V. 34. ANTENA DE RADIO MICROONDA.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Por otro lado, la antena receptora está situada en las instalaciones, del mismo canal, en el cerro La Mira, montada en una torre de 65 metros de altura configurada con el azimut correcto para apuntar exactamente al estudio.

Los puntos tomados en este enlace son del lugar donde está ubicado el estudio de la radio y el cerro donde se encuentra la torre con el sistema radiante en la figura V. 35. A continuación se muestra el perfil topográfico:

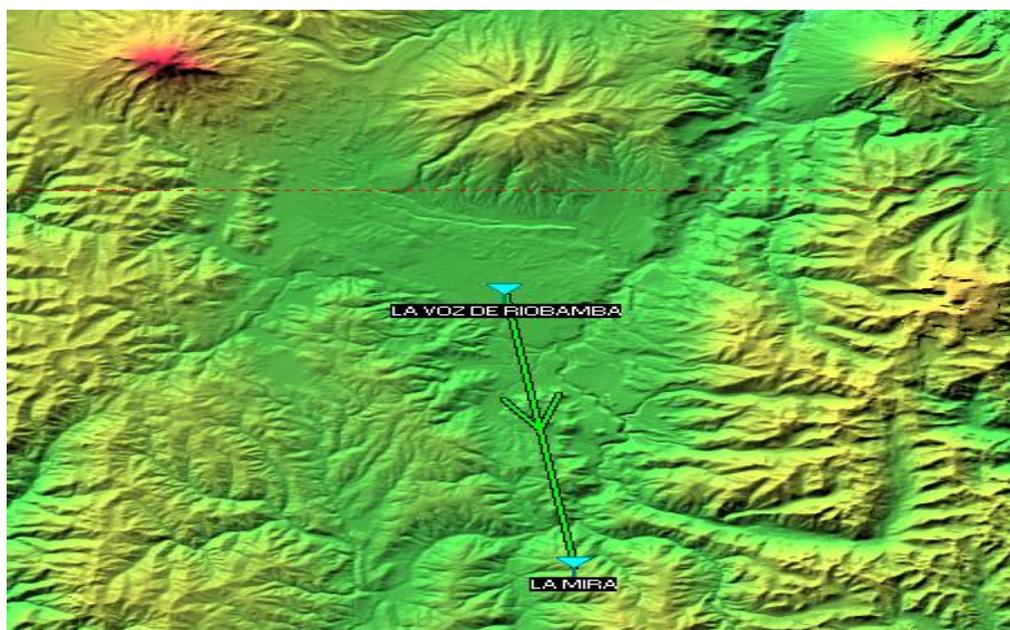


FIGURA V. 35. PERFIL TOPOGRÁFICO.

Fuente: Radio Mobile

Parámetros Técnicos del Enlace

Usando los equipos de enlace se trabajará en la frecuencia de 525 KHz. a 1,705 KHz., con una potencia de transmisión de 500W y un umbral de recepción de -76dBm, para tener un BER de 10^{-4} .

Las principales características técnicas del sistema se describen en la tabla V. XII. a continuación:

CARACTERISTICAS TECNICAS	VALOR
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	500W
UMBRAL DE RECEPCIÓN (db)	-76
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	1140-1160
TIPO DE ANTENA	Yagi
POLARIZACION:	Vertical
GANANCIA (dBi):	3
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):	171.56
ANGULO DE ELEVACION (°):	2,042
ALTURA BASE-ANTENA (m):	65

TABLA V. XII. PARÁMETROS TÉCNICOS.

Fuente: Información Radio Mobile, Características de transmisores Harris

Zona de Fresnel

En una señal de radio la zona de Fresnel es el área alrededor de la línea de vista entre el transmisor y receptor. El radio de la primera zona de Fresnel permite definir la condición de visibilidad entre las antenas, de forma que mientras no exista un obstáculo dentro de la primera zona de Fresnel se considera que la trayectoria no ha sido obstruida.

En la figura V. 36. a continuación se puede observar que no existe obstrucción alguna que afecte el 60% de la zona requerida:

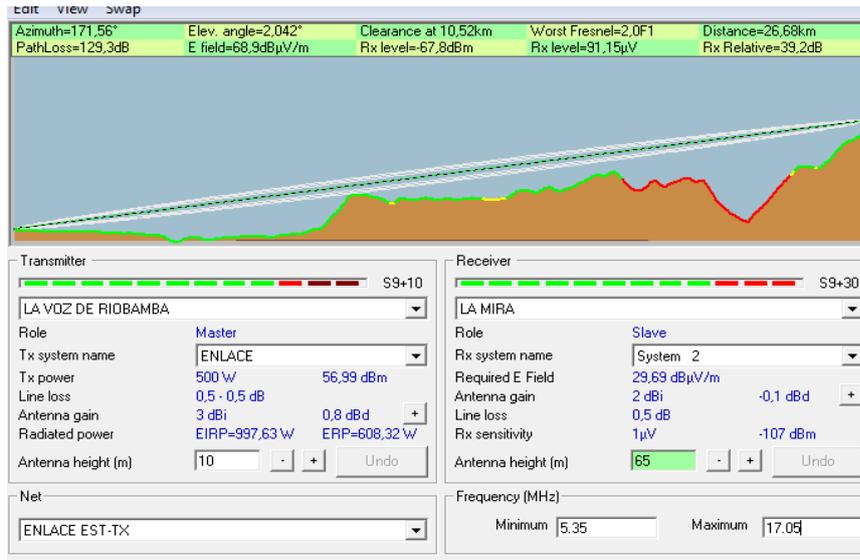


FIGURA V. 36. ENLACE ESTUDIO TRANSMISOR.

Fuente: Radio Mobile

Una vez realizado la simulación del enlace se procede a verificar la cobertura que dará dicho enlace dando como resultado una cobertura de toda la parte urbana de la ciudad de Riobamba y sus alrededores esto incluye cantones como Chambo, Guano, Penipe, Colta, Guamote y Alausi entre otros sectores abarcando en casi su totalidad a la provincia de Chimborazo.

En la figura V. 37. se representa el diagrama de cobertura de la zona en color amarillo:

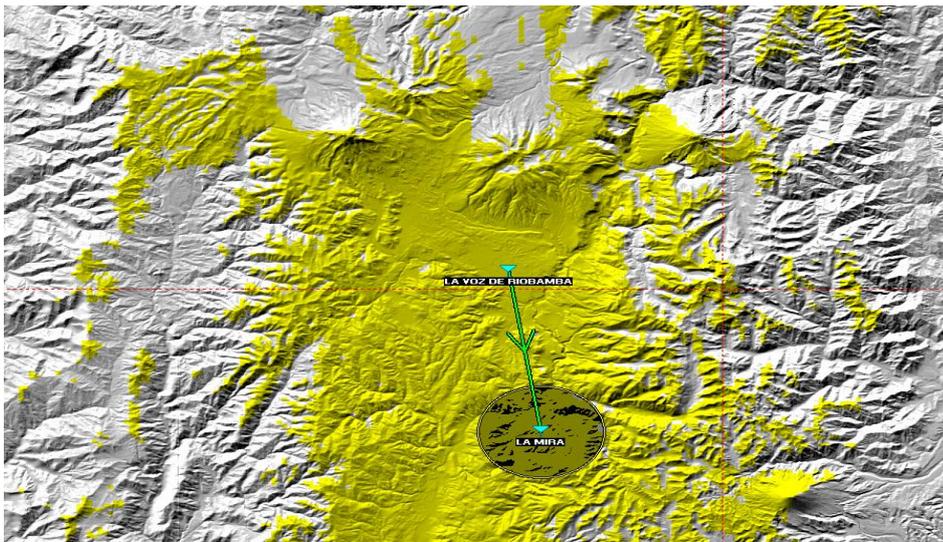


FIGURA V. 37. COBERTURA DE LA SEÑAL.

Fuente: Radio Mobile

Con un patrón de radiación omnidireccional la cual se indica en la figura V.38. a continuación:

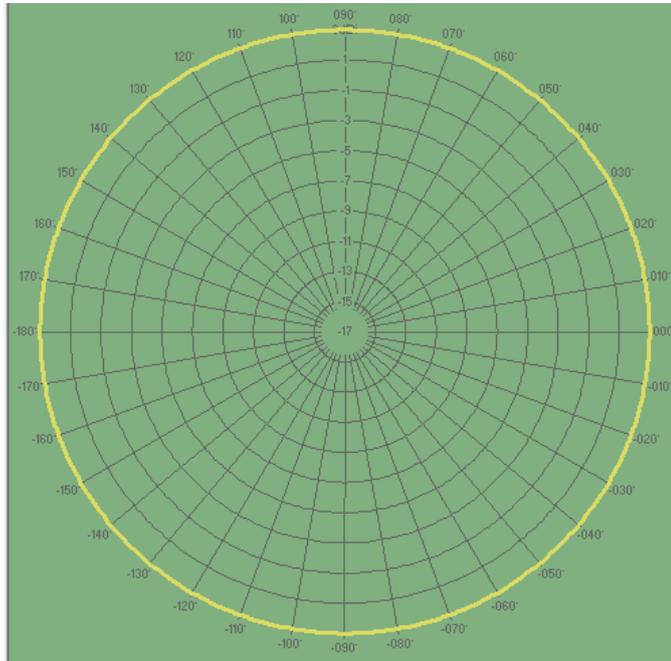


FIGURA V. 38. RADIACIÓN OMNIDIRECCIONAL.

Fuente: Radio Mobile

Enlace Estudio-Transmisor (FM)

Se describe a continuación en la tabla V.XIII. las coordenadas de los puntos para la simulación del enlace de una estación en FM:

PUNTO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
<i>Radio Mundial</i>	78°39'15"W	01°40'8.7"S	2754 m
<i>Cerro Hignug Cacha (Amula Grande)</i>	78°42'58"W	01°41'31"S	3551 m

TABLA V. XIII. PUNTOS PARA ENLACE DE MICROONDA PARA ESTACIÓN FM.

Fuente: Información SUPERTEL

Este enlace comienza a partir de los estudios de la radio La Mundial ubicada en la dirección Av. Daniel León Borja y el Espectador hacia el Cerro Cacha con una distancia de 7 Km tiene línea de vista se muestra a continuación en la figura V. 39:

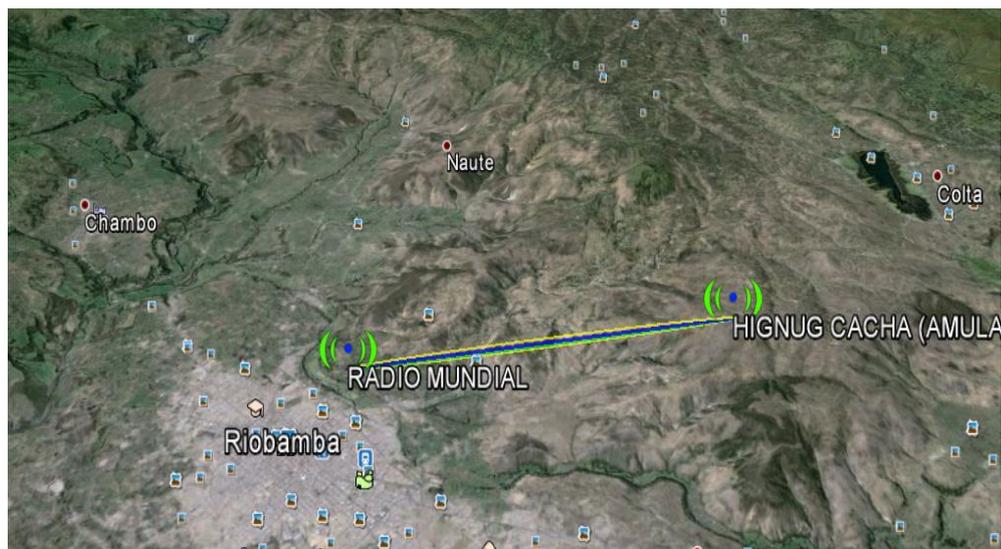


FIGURA V. 39. ENLACE RADIO MUNDIAL-CERRO CACHA.

Fuente: Google Earth

Parámetros Técnicos del Enlace

Usando los equipos de enlace se trabajará en la frecuencia de 88 MHz a 108 MHz, con una potencia de transmisión de 1KW y un umbral de recepción de -76dBm, para tener un BER de 10^{-4} .

Las principales características técnicas del sistema se describen en la tabla V. XIV. a continuación:

CARACTERISTICAS TECNICAS	VALOR
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	1KW
UMBRAL DE RECEPCIÓN (db)	-76
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	96-96.2
TIPO DE ANTENA	radiador
POLARIZACION:	circular
GANANCIA (dBi):	3
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):	268.97
ANGULO DE ELEVACION (°):	6.7
ALTURA BASE-ANTENA (m):	28

TABLA V. XIV. PARÁMETROS TÉCNICOS.

Fuente: Información Radio Mobile, Características de transmisores Truepoint.

A continuación en la figura V. 40. se indica el enlace y se puede observar que se respeta el 60% de espacio de la zona de fresnel ya que no presenta obstrucción:

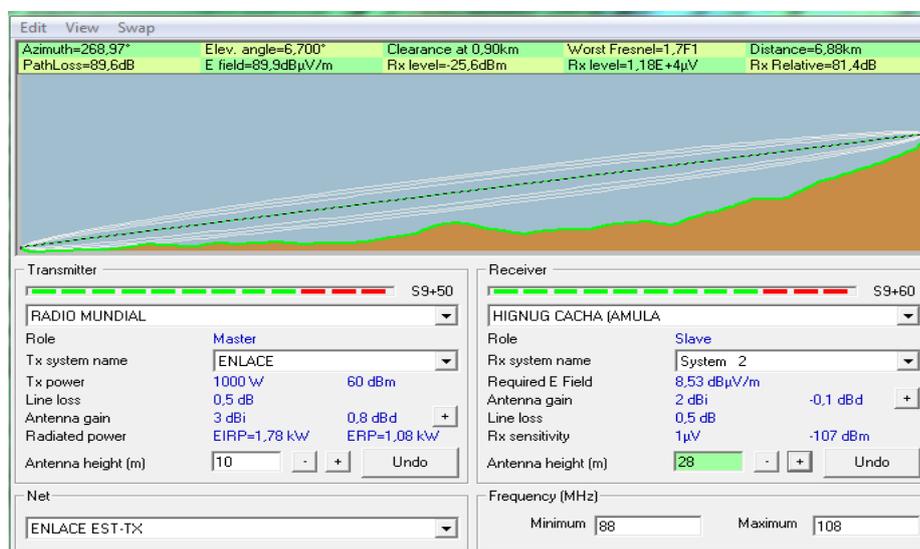


FIGURA V. 40. ENLACE ESTUDIO-TRANSMISOR.

Fuente: Radio Mobile

Una vez realizado la simulación del enlace se procede a verificar la cobertura que dará dicho enlace dando como resultado una cobertura de toda la parte urbana de la ciudad de Riobamba y sus alrededores esto incluye cantones como Chambo, Guano, Penipe, entre otros sectores abarcando parroquias que se encuentran en el sector rural.

En la figura V. 41. se representa el diagrama de cobertura de la zona en color amarillo:



FIGURA V. 41. COBERTURA DE LA SEÑAL.

Fuente: Radio Mobile

SISTEMA RADIANTE

El sistema radiante se refiere al arreglo de dos o más antenas alineadas verticalmente y ubicadas en una torre, tal disposición se debe a que las antenas se diseñan para producir un lóbulo de radiación omni-direccional dependiendo del tipo de cobertura que se pretende ofrecer para el caso específico de ésta radio la radiación es elíptica.

En la figura V. 42 se indica el modelo de antenas tipo radiador para FM:



FIGURA V. 42. ANTENA TIPO RADIADOR.

Fuente: <http://aholab.ehu.es/~inma/tc/AM-FM-ERDERAZ.pdf>

Las antenas tipo radiador FM son las que operan prácticamente en la totalidad de las estaciones de radio en el país, son antenas EX – FM y radian con polarización cruzada (circular) mediante un dipolo de longitud $\lambda/2$ para entregar una componente vertical y horizontal en forma simultánea.

La separación entre cada una de las antenas se la realiza de acuerdo a las recomendaciones del fabricante; para sistemas radiantes en la banda de FM se recomienda una separación de $0,75 \lambda$.

Además de este tipo de antenas se puede utilizar la tipo panel están constituidas de arreglos compuestos de sistemas radiantes elementales, permiten una mayor ganancia, optimización de los diagramas de radiación y de la potencia radiada.

Con un patrón de radiación como se indica en la figura V. 43. a continuación:

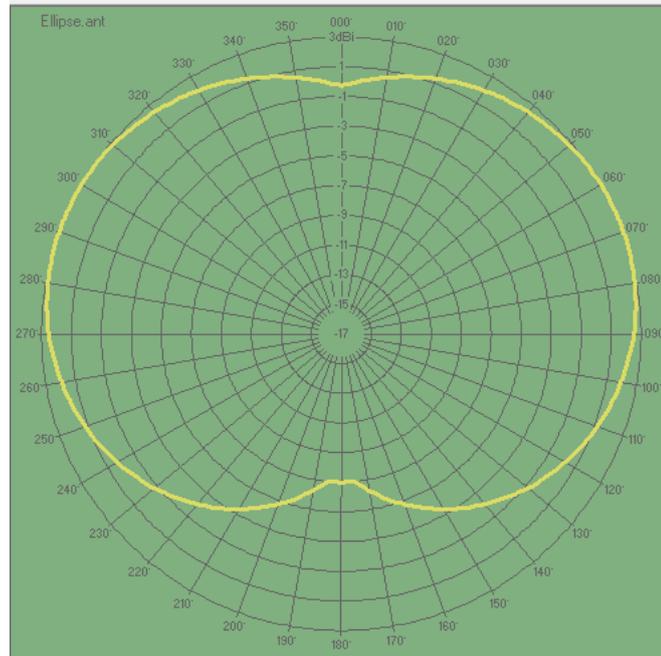


FIGURA V. 43. RADIACIÓN ELIPTICA.

Fuente: Radio Mobile

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECÓNOMICA PARA LA MIGRACIÓN A RADIO DIGITAL

6.1 INTRODUCCIÓN

Todo cambio comprende una inversión dada la poca demanda que existe aún en cuanto a la radiodifusión sonora los equipamientos todavía son de un costo elevado, se espera que en el tiempo esta situación varia presentando los beneficios costosos mínimos tanto para la estación radiodifusora como para el oyente.

En el presente capítulo se describen con detalle los costos que implican cada uno de los sistemas necesarios para la migración a la radio digital además de un análisis de la situación del mercado de la radiodifusión actual y la que se espera.

6.2. TRANSICIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A LA DIGITAL

Durante el proceso de la transición de la radiodifusión analógica a la digital existirán cambios en cuanto a equipamiento, servicios, calidad de audio y más aspectos que presenta la digitalización cabe señalar que lo que se objetiva es el cierre de la radiodifusión analógica para tener un sistema completamente digital.

Dado que los medios como la radio y televisión son muy importantes en la sociedad el cambio no solo se dará en lo tecnológico sino a nivel económico, político y social.

En dicho proceso requiere de inversiones fuertes en cuanto a los equipos de producción y transmisión así como la fabricación de receptores que permitan el acceso al nuevo sistema y esta inversión se la deberá realizar de manera coordinada con las radiodifusoras, los fabricantes y los hogares a los que se llega con la emisión de los distintos programas. El costo elevado actual de los receptores que se fabrican se debe a que aún no se ve disparada los servicios que se pretenden ofertar con la digitalización y por ende pues los consumidores no se ven atraídos por adquirir estos dispositivos de distintas características este hecho hace que los fabricantes tengan poca producción y eleven sus costos.

La estrategia que se plantea es ir cambiando de manera gradual la radiodifusión para que el cambio se de rápidamente y de manera beneficiosa. Constituye un gran reto el hecho de elevar la demanda pero en la actualidad ya la población está tomando conciencia y se prepara para la transición ya que desde hace tiempo se ha venido indicando los cambios que se darán siendo así uno de los principales el de la televisión que ya se emite en High Definition (HD) y se preparan para el denominado apagón analógico.

6.3. DRM EN EL MERCADO

La idea principal para la cual fue creado el estándar DRM en sus inicios era la recuperación de las bandas AM y Onda Corta ya que estas se han visto en su mayoría reemplazadas y más en nuestra ciudad donde del total existe 11.1%

de estaciones en AM y además debido a la saturación del espectro de frecuencias, sin embargo la influencia de la sociedad oyente de la radiodifusión se halla para las bandas en FM y hoy por hoy ya se cubre toda la radiodifusión convirtiéndola ya en digital.

En el mundo la digitalización se está moviendo rápidamente lo que permite tener un avance mayor con mejores prestaciones.

6.4. COSTOS DRM

El sistema DRM fue diseñado para reemplazar totalmente a los analógicos sin embargo presenta beneficios que permitirán a las radiodifusoras tener accesos a la transición de manera escalable ya que el sistema DRM permite utilizar los equipos existentes logrando así una coexistencia con las transmisiones analógicas actuales. Esto puede reducir significativamente el costo de la inversión inicial para las estaciones radiodifusoras que tendrán que migrar progresivamente la digitalización.

6.4.1. Costo de Equipamiento

Se debe recalcar que cada estación en el momento de la transición deberá realizar un estudio de los equipos que tiene y los que debería obtener para poder transmitir digitalmente. Y así poder conocer sus costos que para cada una será distinto.

A continuación en la tabla se presenta costos referenciales de los equipos necesarios para una radiodifusora híbrida es decir que pretende transmitir simultánea información análogo-digital.

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Excitador DRM	\$ 27.000,00
Antena de transmisión	\$ 1.800,00
Accesorios de Conexión	\$ 1.600,00
TOTAL	\$ 30.400,00

TABLA VI. XV. COSTOS SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

En la tabla siguiente se detallan los equipos y costos referenciales para el sistema de microonda:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Unidad de Radio Frecuencia Truepoint	\$ 11.000,00
Unidad de Procesamiento SPU Truepoint	\$ 8.500,00
Antenas de Tx y Rx, y accesorios	\$ 3.000,00
TOTAL	\$ 22.500,00

TABLA VI. XVI. COSTOS SISTEMA MICROONDA.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

Entonces se estima que los costos referenciales en total son los siguientes detallados a continuación en la tabla:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	\$ 30.400,00
SISTEMA MICROONDA	\$ 22.500,00
TOTAL	\$ 52.900,00

TABLA VI. XVII. COSTO TOTAL ESTACIÓN HÍBRIDA.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

Dada los detalles anteriores ahora es bien referirse a los costos para una estación cuya implementación sea completamente digital.

En la tabla VI. XVIII. siguiente se detallan los costos por un sistema de transmisión totalmente digital:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Transmisor DRM	\$ 58.000,00
Antena de Transmisión	\$ 1800,00
Accesorios de Conexión	\$ 1.600,00
TOTAL	\$ 61.400,00

TABLA VI. XVIII. COSTO SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

A continuación se hace referencia a los costos de un estudio de grabación necesario para poder emitir la programación deseada:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Consola de audio digital	\$ 5.500,00
Computadoras Laptops	\$ 2.400,00
Monitores amplificadores	\$ 2.000,00
Sistema de almacenamiento de audio	\$ 2.600,00
CD players con calidad de transmisión	\$ 1.400,00
Generador de stereo digital	\$ 1.100,00
Router de red y accesorios de audio	\$ 1.900,00
Micrófonos	\$ 1.000,00
Router de datos	\$ 1.300,00
Audífonos dinámicos	\$ 900,00
TOTAL	\$ 20.100,00

TABLA VI. XIX. COSTO SISTEMA DE GRABACION.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

Finalmente se analizaron los costos de enlace microonda dando como referencia los siguientes valores:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Unidad de Radio Frecuencia Truepoint	\$ 11.000,00
Unidad de Procesamiento SPU Truepoint	\$ 8.500,00
Antenas de Tx y Rx, y accesorios	\$ 8.100,00
TOTAL	\$ 27.600,00

TABLA VI. XX. COSTO SISTEMA MICROONDA.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

En la tabla a continuación se describen los equipos con los costos referenciales para una estación totalmente digital:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	\$ 61.400,00
EQUIPO DE ESTUDIO DE GRABACIÓN	\$ 20.100,00
SISTEMA MICROONDA	\$ 27.600,00
TOTAL	\$ 109.100,00

TABLA VI. XXI. COSTO TOTAL ESTACIÓN DIGITAL.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

El costo de los receptores debido a la corta afluencia de oyentes aún es elevado se espera que con la coordinación adecuada que el país adopte las

mejores regulaciones que asimile favorezcan este aspecto y se mas fácil su compra.

A continuación en la tabla VI. XIV. se presenten costos de los distintos tipos de receptores que se encuentran en el mercado:

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Down-converterboard	\$ 150,00
Software de recepción	\$ 100,00
Receptores	\$ 200 a \$300

TABLA VI. XIV. COSTO RECEPTORES.

Fuente: <http://www.consorciodrm.com>

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 DETERMINACIÓN DE RESULTADOS

Para determinar la comprobación de la hipótesis se presentó el estudio a las radiodifusoras principales de la ciudad.

Después de que las radiodifusoras han conocido del estudio se les presento una encuesta para verificar resultados de aceptación y comprobar si el estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM sirve como una herramienta para la futura puesta en operación en la ciudad de Riobamba.

En este capítulo se presente la encuesta realizada y el proceso aplicado para determinación de resultados.

7.1.1. Encuestas Aplicadas

Las encuestas fueron aplicadas a una muestra obtenida de una población de un total de 45 a continuación se detalla el procedimiento:

Para obtener el valor de la muestra se aplica la siguiente fórmula VII. 5. :

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

FÓRMULA VII. 5. MUESTRA DE UNA POBLACIÓN.

Fuente: <http://www.umce.cl/publicaciones>

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza, (90%)

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) (10%)

En este caso como no se había realizado previamente la investigación de asume un valor de 0,5 para p y q dado la siguiente fórmula VII. 6. :

$$1 = p + q$$

FÓRMULA VII. 6. PROBABILIDAD DE CONFIANZA.

Fuente: <http://www.umce.cl/publicaciones>

$$p = q = 0,5$$

Los valores que tomaremos como nivel de confianza será del 90 % (1,645)

Y una precisión del 10% (0,1)

Procedemos a aplicar la fórmula con los datos:

$$n = \frac{45 * 1,645^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (45 - 1) + 1,645^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 27,266$$

Por lo tanto obtenemos una muestra de 27

A esta muestra obtenido es a la que se le aplico las encuestas a continuación procedemos a determinar los resultados.

Pregunta # 1

¿Después de haber analizado el estudio presentado considera usted que es de gran utilidad para confirmar la factibilidad técnica de implementación del estándar DRM en la ciudad?

En la tabla VII. XX. a continuación se presenta los valores obtenidos en la pregunta 1 de las encuestas:

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE(%)
SI	27	100
NO	0	0
TOTAL	8	100

TABLA VII. XX. VALORES PREGUNTA 1.

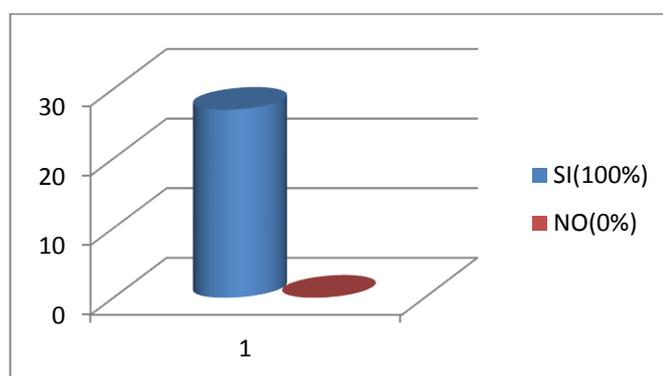


FIGURA VII. 44. DIAGRAMA DE VALORES PREGUNTA 1.

Análisis

En los resultados de la pregunta #1 tenemos que el 100% dio una respuesta positiva indicando que el estudio presenta aspectos técnicos de relevante importancia para una futura implementación del estándar DRM en la ciudad.

Interpretación

Aspecto técnico se considera al detallar características de equipos tanto de transmisión, producción, recepción y de cobertura especificar la infraestructura del sistema y la forma de codificación, métodos de modulación y estrategias

que utilizan para su comprensión estos aspectos son los que son de importancia para la factibilidad técnica de implementación del sistema.

Pregunta # 2

¿Considera usted que el estudio, presenta los aspectos necesarios que ayuden a la factibilidad económica para una futura puesta en operación del estándar DRM en su estación radiodifusora?

En la tabla VII. XXI. a continuación se presenta los valores obtenidos en la pregunta 2 de las encuestas:

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE(%)
SI	15	55,56
NO	12	44,44
TOTAL	8	100

TABLA VII. XXI. VALORES PREGUNTA 2.

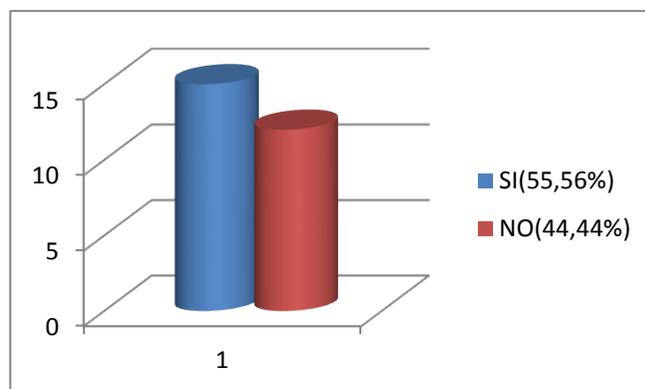


FIGURA VII. 45. DIAGRAMA DE VALORES PREGUNTA 2.

Análisis

Del total de las encuestas aplicadas el 55,56% de las radiodifusoras respondieron de manera positiva mientras que el 44,44% respondió que les hacía falta más parámetros que debían ser tomados en cuenta como el costo de la torre y de las concesiones de frecuencia.

Interpretación

Las características económicas son un papel importante ya que mucho dependerá de ello para que una estación radiodifusora migre hacia la radiodifusión digital por ende el obtener un conocimiento previo que les ayude a tener una idea primordial de cuáles serían sus costos de implementación del estándar se convierte en una herramienta indispensable para la futura puesta en operación.

7.1.2. Análisis de Resultados

Teniendo en cuenta el análisis anterior se procede a la comprobación de la hipótesis teniendo dos probabilidades de resultado las cuales se plantean a continuación:

Hipótesis Alternativa:

Hi.- El estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM será una herramienta que facilite la futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba.

Hipótesis Nula:

Ho.- El estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM **no** será una herramienta que facilite la futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba.

A continuación en la tabla VII. XXII. se muestra la valoración de resultados por aspectos los cuales se tomarán para posterior demostrarlo mediante el Chi Cuadrado:

VALORACIÓN ASPECTO	POSITIVO	NEGATIVO	TOTAL
Factibilidad Técnica	27	0	27
Factibilidad Económica	15	12	27
TOTAL	42	12	54

TABLA VII. XXII. VALORACIÓN ASPECTOS ANALIZADOS.

Con los datos obtenidos procedemos a verificar los grados de libertad que esta dada por la siguiente fórmula VII. 7. :

$$df = (c - 1) * (f - 1)$$

FÓRMULA VII. 7. GRADOS DE LIBERTAD.

Fuente: Estudio IES N° 1 "A. Moreau de Justo".pdf

Dónde:

df= grados de libertad

c= #columnas

f= # filas

$$1 = (2 - 1) * (2 - 1)$$

A partir de la valoración de los aspectos se procede a calcular la frecuencia esperada:

$$(\sum ci * \sum fi) / \sum TOTAL = fe$$

FÓRMULA VII. 8. FRECUENCIA ESPERADA.

Fuente:Estudio IES N° 1 "A. Moreau de Justo".pdf

En la tabla VII. XXIII. siguiente se muestra los valores obtenidos de la frecuencia esperada por aspecto:

VALORACIÓN \ ASPECTO	POSITIVO	NEGATIVO	TOTAL
Factibilidad Técnica	21	6	27
Factibilidad Económica	21	6	27
TOTAL	42	12	54

TABLA VII. XXIII. VALORES OBTENIDOS DE FRECUENCIA ESPERADA.

Ya con los valores necesarios para el cálculo de procede a realizar el procedimiento de obtención del Chi Cuadrado.

El Chi Cuadrado se obtiene dada la siguiente formula VII. 8. :

$$X^2 = \frac{\sum(fe - fo)^2}{fe}$$

FÓRMULA VII. 8. CHI CUADRADO.

Fuente: Estudio IES N° 1 "A. Moreau de Justo".pdf

En la siguiente tabla VII. XXIV. se muestra el valor obtenido del Chi Cuadrado a partir de los valores de frecuencia observada y esperada:

fo	fe	$(fe-fo)^2/fe$
27	21	1,7142
0	6	6
15	21	1,7142
12	6	6
CHI CUADRADO		15,4284

TABLA VII. XXIV. VALOR CHI CUADRADO.

Tomando los valores con los que se inició del 10 % de precisión y los grados de libertad obtenidos según la tabla de Chi Cuadrado el valor es de 2,706 Al haber obtenido un valor de 15,4284 y siendo mayor al Chi Cuadrado teórico se acepta la hipótesis alternativa y se descarta la hipótesis nula.

“El estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM será una herramienta que facilite la futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba.”

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

- Después de haber realizado el presente estudio y con la comprobación positiva de la hipótesis se llega a la conclusión de que el estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM será una herramienta que permita la futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba.
- Realizando el análisis minucioso del estándar en los aspectos más importantes se llega a la conclusión de que es el estándar más óptimo y próximo a implementarse en el país y por ende en la ciudad de Riobamba.

- Con los beneficios que presenta la tecnología digital es fácilmente escalable adaptarse a la migración de los sistemas y es así que el estándar DRM presenta varias opciones para lograr una transición satisfactoria.
- En el presente estudio se presentó las características de equipamientos, como tipo y costos además de haber realizado una simulación del análisis de cobertura lo que la hace más útil en el momento de ponerse a analizar los parámetros fundamentales para el cambio y siendo aceptada por la mayoría de estaciones radiodifusoras de la ciudad.
- Con respecto al aspecto reglamentario, se concluye que al no existir una norma técnica para transmisión digital y siendo el estándar DRM adaptable a las frecuencias actuales es cuestión de establecer normas que condicionen la emisión de los contenidos digitales en los medios.
- Luego de analizar el tipo de infraestructura que constituye el estándar DRM queda claro que al momento de darse el cambio es necesario la realización particular por cada estación para emitir un informe técnico de los equipos que poseen y los que deberá adquirir cada una.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las estaciones radiodifusoras que a partir de los cambios que se están dando a nivel tecnológico establezcan un plan estratégico para adoptar los mejores estándares presentes en la radiodifusión para lo cual lo principal sería que realicen un estudio técnico de su infraestructura actual de esta manera estarán más aptos ante los cambios próximos de la tecnología digital.
- Al momento de realizar un estudio técnico se recomienda tomar las características principales como potencia de transmisión, repetidores existentes de haberlo, y el sistema radiante que son los que se producirán cambios a nivel técnico.
- Se considera importante también el análisis del resto de los estándares de radiodifusión dado que no se tiene aún establecido reglamentariamente que estándar se adoptará y así poder comparar los beneficios que presenta cada uno de ellos.
- Se recomienda que este estudio sea considerado por entes reguladores de telecomunicaciones para que les permita realizar un marco regulatorio para la radiodifusión digital.

RESUMEN

Se realizó el estudio de factibilidad de implementación del estándar DRM como una herramienta para una futura puesta en operación de la tecnología en la ciudad de Riobamba con el objetivo de generar una documentación que permita a las radiodifusoras tener conocimiento del estándar DRM (Digital Radio Mondiale) previo a la transición que se dará de la tecnología analógica a digital.

Se usó el método de investigación deductivo considerando los factores que intervienen en el sistema de radiodifusión como son frecuencias, espectro radioeléctrico, codificación, equipos de transmisión, en el método inductivo señalamos parámetros específicos como potencia, nivel de señal y alcances de cobertura para lo cual se realizó una simulación de enlace de la radio La Voz de Riobamba con los parámetros técnicos de latitud, longitud, altura, ubicación geográfica utilizando el software Radio Mobile y la herramienta Google Earth, para lo económico se describió costos referenciales de los equipos y se presentó un presupuesto.

Se aplicó encuestas a 27 principales estaciones de radio de la ciudad con un margen del 90% dando como resultado un aceptación en lo técnico del 100% y en lo económico del 55.56% con los costos aproximados entre \$ 52900 a \$109100 dólares dependiendo de cada estación.

Con los resultados obtenidos se determina que el presente estudio será una herramienta que permita poner en operación la tecnología digital en la ciudad.

Se recomienda que este estudio sea considerado por entes reguladores de telecomunicaciones para que les permita realizar un marco regulatorio para la radiodifusión digital.

SUMMARY

A feasibility study has been undertaken for the standard DRM (Digital Radio Mondiale) implementation, for a future operation for this technology in Riobamba city, in order to generate documentation that will enable broadcasters to have knowledge of standard DRM (Digital Radio Mondiale) prior to the transition that will be of analogy to digital technology.

Using the deductive research method considering the factors involved in the broadcasting system as: frequencies, radio electric spectrum, encoding, transmission equipment ; in the inductive method identified specific parameters such as power, signal level and scope of coverage, witch consisted of a simulation in Radio La Voz de Riobamba with technical parameters of latitude, longitude, height, geographical location using the software and the Radio Mobile tool Google Earth, for the economic costs are described in the referential equipment and presented a budget.

Surveys applied to 27 stations of the city with a certainty of 90% margin in an acceptance of 100% technically and economically of 55.56% costs estimated between \$52.900 to \$109.100 USD depending on each station.

The results obtained determined that, this study will be a tool to put into operation the digital technology in the city.

This study should be considered by regulators of telecommunications to allow them to carry out regulatory framework for digital broadcasting.

GLOSARIO

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

BANDA DE FRECUENCIA: son 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: es el 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: es el proceso por el cual la información de una fuente es convertida en símbolos para ser comunicada.

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

DEMODULACIÓN: es el 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: es el proceso de convertir información analógica en formato digital.

DRM: Digital Radio Mondiale es un estándar de radiodifusión digital sonora.

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

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

GANANCIA: se refiere a la 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

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

MULTIPLEXACION: es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor.

POLARIZACIÓN: es el proceso por el cual en un conjunto originariamente indiferenciado se establecen características o rasgos distintivos que determinan la aparición en él de dos o más zonas mutuamente cargadas

PROPAGACIÓN: al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas del transmisor al receptor.

RADIODIFUSIÓN: es la transmisión por ondas hertzianas de música, noticias, reportajes y otros programas destinados al público.

RECEPTOR: realiza un proceso inverso al del emisor, ya que descifra e interpreta los signos utilizados por el emisor; es decir, descodifica el mensaje que recibe del emisor.

SISTEMA ANALÓGICO: es una combinación de dispositivos que manipulan cantidades físicas representadas en forma analógica.

SISTEMA DIGITAL: es una combinación de dispositivos diseñados para manipular cantidades físicas o información que estén representadas en forma digital; es decir, que sólo puedan tomar valores discretos.

TRANSMISOR: es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio. Para lograr una sesión de comunicación se requiere: un transmisor, un medio y un receptor.

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **MANOVICH, L.**, La imagen en la Era Digital., 3a.ed., Buenos Aires – Argentina., Paidós Comunicación., 2006., Pp. 90 – 110.

- 2.- **TOMASI, W.**, Electronics Communications System Fundamentals Through Advanced., 4a.ed., Barcelona – España., Prentice Hall.,2004., Pp. 20 – 112.

- 3.- **DELGADO, M.**, Sistemas de Radio y Televisión., Thompson Learning., Madrid – España., 2001., Pp. 200 -229.

- 4.- **GOMÈZ, G.G.**, Televisión y Radio Digital ¿Democratización o Mayor Concentración?., APC Temas, Emergentes., Montevideo., 2007., Pp. 3 – 12.

- 5.- **HUERTA, J.M.**, El sistema DRM., Madrid – España., Radio Nacional España., 2005., Pp. 1- 9.

- 6.- **OCAÑA, E.**, “Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador”., Tesis Ing. Elec. Quito Escuela Politécnica del Ejército., Facultad de Electrónica., 2005., Pp. 32-75.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

1.-CONSORCIO DIGITAL RADIO MONDIALE

<http://www.drm.org/>

2013-07-24

2.-ECUADOR, SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES

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

2013-07-15

3.-RECOMENDACIONES ITU

http://www.itu.int/dms_pubrec/itu.../R-REC-BS.1615-0-200306-SMSW-S.doc

2013-08-10

4.-TEORIA Y TÉCNICAS AUDIO DIGITAL

http://cmm.cenart.gob.mx/tallerdeaudio/Teoria_y_tecnicas/Audiodigital.html

2013-07-30

5.-UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

<http://www.itu.int/ITU-R/bands/FrequencyandWavelength.Bands/>

2013-07-28

A N E X O S

**RECOMMENDATION ITU-R BS.1514-2
(03/2011)
SYSTEM FOR DIGITAL SOUND BROADCASTING IN
THE BROADCASTING BANDS BELOW 30 MHZ**