



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

PROYECTO DE TESIS

TÍTULO:

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL
BAJO EL ESTÁNDAR RADIO DIGITAL MUNDIAL (DRM) PARA LA
RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM”**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES.

AUTOR:

NIXON DAVID VILLAVICENCIO SARANGO

DIRECTOR:

ING. RODOLFO PABEL MERINO VIVANCO

LOJA-ECUADOR

2014

1859

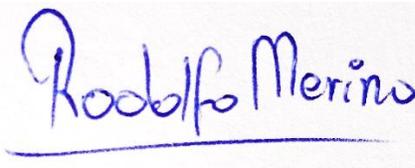
CERTIFICACIÓN

Señor Ingeniero
Rodolfo Pabel Merino Vivanco
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, cuyo tema versa: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL BAJO EL ESTÁNDAR RADIO DIGITAL MUNDIAL (DRM) PARA LA RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, realizado por el señor egresado: **Nixon David Villavicencio Sarango**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Julio del 2014.

A handwritten signature in blue ink that reads "Rodolfo Merino". The signature is written in a cursive style and is underlined with a single horizontal stroke.

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TESIS

AUTORÍA

Yo **Nixon David Villavicencio Sarango**, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Nixon David Villavicencio Sarango



Firma:

Cédula: 1104637473

Fecha: 30 de julio de 2014

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **Nixon David Villavicencio Sarango**, declaro ser autor de la tesis titulada: “**DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL BAJO EL ESTÁNDAR RADIO DIGITAL MUNDIAL (DRM) PARA LA RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM**”, como requisito para optar al grado de: **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta días del mes de julio del dos mil catorce, firma el autor.



Firma:

Autor: Nixon David Villavicencio Sarango

Cédula: 1104637473

Dirección: Loja (Paraguay 24-48 y Nicaragua)

Correo Electrónico: ndvillavicencio@gmail.com

Teléfonos: 072581375 **Celular:** 0994501060

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco.

Tribunal de Grado: Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

Ing. Marcelo Fernando Valdivieso Condolo

Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc.

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis es dedicado a Dios, a toda mi familia, y en especial al motor de mi vida mi hijo Angelito y a su mamita Verónica, quienes me han dado su compañía, paciencia y comprensión.

Sin cuyo apoyo e inspiración no hubiera sido posible la culminación del mismo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, a los docentes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, y un especial agradecimiento al director de mi Tesis el Ing. Pabel Merino.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Juan Pablo Cabrera, docente y amigo, por toda la ayuda brindada a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco también al Lic. José Lucero y a la Ing. Paulina Jara de la Radio Universitaria 98.5 FM, sin cuya colaboración no hubiera sido posible la culminación de la misma.

Por sobre todo agradezco a Dios.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
RESUMEN	xxi
SUMMARY	xxii
OBJETIVOS	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxiv
TEMA:	1
1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR	2
1.1. Inicios de la radiodifusión en el Ecuador	2
1.2. Regulación de la radiodifusión en el Ecuador	3
1.2.1. Introducción	3
1.2.2. Organismos de control de las telecomunicaciones en Ecuador	4
1.2.3. Normativa Legal Vigente	7
1.2.4. Extracto de la NORMA TÉCNICA REGLAMENTARIA PARA RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA EN EL ECUADOR.....	9
1.3. Estaciones de radiodifusión en el país.....	21
1.4. Espectro Radioeléctrico y sus bandas de frecuencia	22

1.4.1.	Bandas de frecuencia según la ITU.....	22
1.5.	Plan Nacional de frecuencias para servicios de radiocomunicaciones en Ecuador.....	23
1.6.	Bandas destinadas a los servicios de radiodifusión analógica	24
1.7.	Radiodifusión Analógica	25
1.8.	Tecnologías de radiodifusión analógicas.....	25
1.8.1.	La radiodifusión en Amplitud Modulada (AM)	25
1.8.2.	La radiodifusión en Onda Corta (OC)	27
1.8.3.	La radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM)	27
1.9.	Desventajas de la radiodifusión analógica.....	28
2.	PRINCIPIOS DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL SONORA.....	29
2.1.	¿Qué es la radiodifusión digital sonora?.....	29
2.2.	Radiodifusión Sonora Digital & Analógica	30
2.3.	Las ventajas y nuevas facilidades de la radio digital respecto a la radio analógica	31
2.4.	Características generales de la RDT	33
2.4.1.	Servicios de audio	33
2.4.2.	Servicios de datos.....	33
2.4.3.	Capacidad de almacenamiento.....	35
2.4.4.	Disponibilidad del servicio.....	35
2.4.5.	Eficacia espectral	36
2.4.6.	Mejor calidad de recepción.....	36
2.4.7.	Calidad del sonido en la RDT	36
2.5.	Sistema básico de radiodifusión digital.....	38
2.5.1.	Servidor de contenidos	39

2.5.2.	Enlace Digital RDT	40
2.5.3.	Generador Digital RDT	40
2.5.4.	Transmisor RDT	40
2.6.	Sistema y estándar IBOC (In Band On Channel)	41
2.6.1.	Sistema IBOC en el mundo	42
2.7.	Sistema y estándar DAB (Digital Audio Broadcasting ó EUREKA-147)	42
2.7.1.	Sistema DAB en el mundo	43
2.8.	Sistema y estándar DRM (Digital Radio Mondiale)	44
2.8.1.	Sistema DRM en el mundo	44
3.	SISTEMA Y ESTÁNDAR DRM	45
3.1.	Introducción	45
3.2.	Origen del sistema DRM	47
3.3.	Ventajas y servicios de DRM	48
3.4.	Servicios de datos	50
3.4.1.	Metadatos obligatorios	50
3.4.2.	Servicios de valor agregado	53
3.5.	Componentes principales del sistema DRM	55
3.5.1.	Codificación y multiplexación de contenidos	56
3.5.2.	Codificación de canal y modulación DRM	62
3.5.3.	Capacidad de transmisión del sistema	66
3.5.4.	Generación de la trama de radiodifusión	67
3.5.5.	Redes de frecuencia única (SFN) y frecuencia múltiple (MFN)	69
3.5.6.	Simulcast	71
3.5.7.	Señalización de frecuencia alternativa (AFS)	77

4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM	78
4.1. Antecedentes	78
4.2. Datos técnicos de operación autorizados	78
4.3. Equipos con los que cuenta Radio Universitaria 98.5 FM	80
4.4. Situación actual de la Estación Matriz de Radio Universitaria 98.5 FM	82
4.5. Arquitectura del sistema de transmisión analógico	83
4.6. Enlace primario Estudio-Ventanas	84
4.6.1. Transmisor profesional UHF marca DB modelo KE/G	85
4.6.2. Antena Yagi de 14.15 dBi	86
4.6.3. Receptor profesional UHF marca DB, modelo KV/G	87
4.6.4. Simulación enlace principal	87
4.7. Enlace móvil	89
4.7.1. Transmisor Marca MARTI modelo SRPT-40	90
4.7.2. Receptor Marca MARTI modelo SR-40	91
4.7.3. Antena Yagi de 12.15 dBi MARTI modelo YC-450	92
4.8. Enlace secundario Ventanas-Estudio	93
4.8.1. Transmisor marca RVR modelo PTRL-NV/HP 220/240	94
4.8.2. Synthesize Receiver marca DB modelo KV/3B	95
4.8.3. Antena Yagi de 12.15 dBi MARTI modelo YC-215	95
4.9. Radiodifusión desde Cerro Ventanas	96
4.9.1. Excitador marca DB modelo DPM30	99
4.9.2. Amplificador marca DB modelo KF-1k	100
4.9.3. Distribuidor Broadband marca DB de 4 salidas	101
4.9.4. Arreglo de 4 antenas omnidireccionales	101

4.9.5.	Cálculo de la P.E.R.....	104
4.9.6.	Simulación del actual sistema de radiodifusión a 98.5 MHz.	105
5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOFUSIÓN DIGITAL DE RADIO	
	UNIVERSITARIA 98.5 FM.....	109
5.1.	Introducción	109
5.2.	Criterios de diseño	109
5.3.	Método de combinación Analógico/Digital.....	110
5.4.	Esquema de Radio Digital Universitaria 98.5 FM	111
5.5.	Arquitectura del sistema de transmisión híbrida	112
5.6.	Servidor de contenidos Fraunhofer, modelo R5	114
5.7.	Sistema de enlace digital STL	115
5.7.1.	Transmisor digital marca TFT, modelo 460	116
5.7.2.	Receptor digital marca TFT, modelo 460.....	117
5.7.3.	Sistema radiante para el enlace digital STL	118
5.7.4.	Simulación enlace digital STL marca TFT, modelo 460.....	119
5.8.	Modulador DRM marca RFmondial, modelo LV6m	121
5.9.	Transmisor DRM marca Transradio, modelo T3273.....	122
5.10.	Distribuidor Broadband marca DB de 4 salidas	124
5.11.	Sistema Radiante Kathrein	124
5.12.	Filtro Pasa banda Kathrein modelo 728-726	126
5.13.	Parámetros a considerar para la operación del nuevo sistema.....	128
5.13.1.	Potencia señal analógica/digital.....	128
5.13.2.	Frecuencia de la señal digital.....	129
5.13.3.	Alineación de los dos sistemas radiantes.....	130

5.13.4. Potencia mínima en recepción	131
5.14. Simulación de Radiodifusión Digital bajo el sistema DRM+	132
5.15. Diseño del Estudio Master	135
5.16. Diseño de la Sala de Transmisión	137
5.17. Receptores DRM	140
5.18. Costos de la migración al sistema Digital DRM+	141
CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES	145
REFERENCIAS	147
ANEXOS	153
A. Servidor de contenidos marca Fraunhofer, modelo R5	154
B. Sistema de enlace digital STL marca TFT modelo 460.....	156
C. Modulador DRM marca RFmondial modelo LV6m.....	157
D. Transmisor DRM marca Transradio modelo T3273	158
E. Filtro Pasa banda Kathrein modelo 728-726	160
F. Plano Estudio Master	161
G. Plano Sala de Transmisión	162
H. Formularios técnicos para la implementación de solicitudes de autorización, concesión y adjudicación temporal de frecuencias de los servicios de radiodifusión sonora y de televisión abierta.	163
I. Anteproyecto de tesis	¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

3GPP	Proyecto Asociación de Tercera Generación
AAC	Codificación Avanzada de Audio
AES/EBU	Audio Engineering Society/European Broadcasting Union.
AF	Frecuencias Alternativas
AFS	Señalización de Frecuencia Alternativa
AM	amplitud modulada
	Additive White Gaussian Noise - Ruido Gaussiano Blanco
AWGN	Aditivo
BPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria
CD	Compact Disc
CELP	Predicción Lineal Excitada por Código
COFDM	Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Codificada
CONARTEL	Consejo Nacional de Radio y Televisión
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
DAB(1)	Digital Audio Broadcasting
DAB(2)	Digital Audio Broadcasting, sistema Eureka-147
DCP	Protocolo de Comunicaciones y Distribución
DRM	Digital Radio Mondiale- Radio Digital Mundial
DSB	Digital Sound Broadcasting
EEP	Protección Proporcional contra Errores
EPG	Guía Electrónica de Programación.
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
FAC	Canal de Acceso Rápido
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FM	Frecuencia modulada
HVXC	Codificación por Excitación de Vector Armónico,
IBOC	In Band on Channel - Canal Dentro de Banda
ISO	Organización Internacional de Normalización
LF	Frecuencia baja
LW	Ondas largas
MDI	Interfaz de Distribución del Multiplex
MF	Frecuencia media
MFN	Redes de Frecuencia Múltiple
MINTEL	Ministerio de Telecomunicaciones del Ecuador
MPEG	Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento
MPS	Codificación MPEG Envolvente
MSC	Canal de Servicio Principal
MW	Ondas medias
OC	Onda corta
OFDM	Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonales.
PER	Potencia Efectiva Radiada
PAD	Datos Asociados al Programa
PS	Estéreo Paramétrico

QAM	Modulación de Amplitud en Cuadratura
QPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura
RDT	Radio Digital Terrestre
SBR	Réplica de Banda Espectral
SDC	Canal de Descripción del Servicio
SENATEL	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SFN	Redes de Frecuencia Única
SNMP	Protocolo Simple de Administración de Red
SNR	Relación Señal a Ruido
STL	Studio Transmitter Link
SUPERTEL	Superintendencia Nacional de Telecomunicaciones
SW	Ondas cortas
TDT	Televisión Digital Terrestre.
TMC	Canal de Mensajes de Tráfico
UEP	Protección Desproporcional contra Errores
UHF	Frecuencia Ultra Alta
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UTF	Formato de Transformación Unicode
VHF	Frecuencia Muy Alta
XIRIO	Simulador Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema básico de la sala de producción de un sistema de RDT.....	39
Figura 2. Sistema básico de la sala de transmisión de un sistema de RDT.....	39
Figura 3. Bandas de uso del sistema DRM.	45
Figura 4. Etiqueta del servicio.....	51
Figura 5. Tipo de programa.....	52
Figura 6. Idioma del servicio.....	52
Figura 7. Diagrama del servidor de contenidos DRM.....	57
Figura 8. Codificación de fuente de audio DRM.	61
Figura 9. Opciones de codificación de audio.	62
Figura 10. Diagrama de bloques de un modulador DRM.	62
Figura 11. Estructura de la trama DRM30 y DRM+.....	68
Figura 12. Ejemplo de la potencial optimización del espectro al migrar de un sistema analógico al DRM con una SFN.....	70
Figura 13. Simulcast de canal único.....	71
Figura 14. Simulcast multicanal o multifrecuencia.....	72
Figura 15. Mascara de transmisión propuesta para DRM30.....	72
Figura 16. Ejemplo de configuración para el modo de robustez E junto la señal de FM. .	73
Figura 17. Relación de potencias analógica y digital en simulcast para DRM+.....	74
Figura 18. Ejemplo de dos estaciones, FM y DRM+.....	75
Figura 19. Mascara de transmisión para DRM+ y FM.....	75
Figura 20. Diagrama del estudio de Radio Universitaria 98.5 FM.	83
Figura 21. Arquitectura del sistema de transmisión analógico.....	84
Figura 22. Transmisor profesional UHF marca DB.	85
Figura 23. Antena Yagi 14.15 dBi.	86
Figura 24. Patrón de radiación antena Yagi 14.15 dBi.....	86
Figura 25. Simulación enlace principal usando XIRIO online.	88
Figura 26. Perfil del enlace principal.	89
Figura 27. Diagrama de enlace secundario y enlace móvil.....	90
Figura 28. Transmisor Marca MARTI modelo SRPT-40.	91

Figura 29. Características técnicas del Tx MARTI modelo SRPT-40.	91
Figura 30. Receptor Marca MARTI modelo SR-40.....	92
Figura 31. Características técnicas del Rx MARTI SR-40.....	92
Figura 32. Antena Yagi de 12.15 dBi, MARTI modelo YC-450.....	93
Figura 33. Características técnicas de antena Yagi MARTI YC-450.	93
Figura 34. Transmisor marca RVR modelo PTRL-NV/HP 220/240.	94
Figura 35. Receptor marca DB modelo KV/3B	95
Figura 36. Antena Yagi de 12.15 dBi.....	96
Figura 37. Antena Yagi de 12.15 dBi, marca MARTI YC-215.	96
Figura 38. Diagrama general de operación de Radio Universitaria 98.5 FM.....	97
Figura 39. Diagrama de la cadena de transmisión.....	98
Figura 40. Excitador marca DB modelo DPM30.	99
Figura 41. Amplificador marca DB modelo KF-1k.	100
Figura 42. Distribuidor DB para 4 antenas.....	101
Figura 43. Antena omnidireccional de 2.15dB marca DB, modelo P1-N.....	102
Figura 44. Patrones de radiación de antena marca DB, modelo P1-N.	102
Figura 45. Arreglo de 4 antenas omnidireccionales.	103
Figura 46. Gráfico de cobertura de radiodifusión analógica.	107
Figura 47. Esquema de Combinación por Acoplamiento de Antenas.....	110
Figura 48. Diagrama general de Radio Digital Universitaria 98.5 FM, modo híbrido. ...	111
Figura 49. Arquitectura para transmisión híbrida.....	113
Figura 50. Servidor de Contenidos Fraunhofer, modelo R5.	114
Figura 51. Características generales del sistema STL de la marca TFT, modelo 460.	116
Figura 52. Transmisor STL, marca TFT, modelo 460.	116
Figura 53. Características del Transmisor TFT modelo 460.....	117
Figura 54. Receptor STL, marca TFT, modelo 460.	117
Figura 55. Características del Receptor TFT modelo 460.....	117
Figura 56. Antena Log-periódica de 12dB marca DB.....	118
Figura 57. Patrones de radiación de la antena Log-periódica de 12dB, marca DB.....	119
Figura 58. Simulación enlace digital STL.....	120

Figura 59. Perfil del enlace digital STL.	121
Figura 60. Modulador DRM marca RFmondial, modelo LV6m.....	122
Figura 61. Transmisor DRM marca TRANSRADIO, modelo T3273.	123
Figura 62. Dipolo Kathrein de 2dBd y sus patrones de radiación.....	125
Figura 63. Filtro Pasa-banda Kathrein modelo 728-726.	127
Figura 64. Relación de potencias analógica y digital en simulcast para DRM+.....	128
Figura 65. Frecuencia central de la señal digital, en modo híbrido.....	130
Figura 66. Alineamiento de antenas para el método de combinación a emplearse.....	131
Figura 67. Gráfico de cobertura de radiodifusión digital.	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Canalización de la banda de FM.	11
Tabla 2. Grupos de frecuencias G1, G2, G3.....	12
Tabla 3. Grupos de frecuencias G4, G5, G6.....	12
Tabla 4. Zonas geográficas para radiodifusión en FM.	13
Tabla 5. Resumen estadístico de estaciones de radiodifusión en Ecuador	21
Tabla 6. Estaciones de radiodifusión sonora en OC, AM y FM.....	21
Tabla 7. Bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico.....	23
Tabla 8. Atribución de frecuencias para el servicio de Radiodifusión Sonora en el país....	24
Tabla 9. Modos de robustez del sistema DRM.....	65
Tabla 10. Velocidades de transmisión para cada modo del sistema DRM.....	67
Tabla 11. Valores de las máscaras de transmisión para FM y DRM+ definidas por ETSI.	76
Tabla 12. Datos técnicos estación Radio Universitaria 98.5 FM.	79
Tabla 13. Datos técnicos enlace estudio-transmisor Radio Universitaria 98.5 FM.....	80
Tabla 14. Equipamiento actual de Radio Universitaria 98.5 FM	81
Tabla 15. Características transmisor profesional UHF marca DB.	85
Tabla 16. Características antena Yagi 14.15 dBi.....	86
Tabla 17. Receptor profesional UHF marca DB.	87
Tabla 18. Parámetros para simulación de enlace principal a 943.25 MHz.....	87
Tabla 19. Características de Tx marca RVR modelo PTRL-NV/HP 220/240.	94
Tabla 20. Características del Rx marca DB KV/3B.	95
Tabla 21. Características Excitador DB modelo DPM30.....	99
Tabla 22. Características del Amplificador marca DB modelo KF-1k.	100
Tabla 23. Características distribuidor marca DB de 4 salidas.	101
Tabla 24. Características de antena omnidireccional marca DB, modelo P1-N.....	103
Tabla 25. Intensidad de campo mínima utilizable para FM.	105
Tabla 26. Parámetros de simulación de sistema de radiodifusión analógico FM.....	106
Tabla 27. Leyenda de colores para Figura 48.....	112
Tabla 28. Características del Servidor de Contenidos Fraunhofer R5	114
Tabla 29. Especificaciones antena Log-periódica de 12dB, marca DB.	118

Tabla 30. Parámetros para simulación de enlace digital STL a 941 MHz.	120
Tabla 31. Características modulador DRM, marca RF mundial LV6m.	122
Tabla 32. Características del transmisor DRM marca Transradio T3273.	123
Tabla 33. Características adicionales Tx Transradio modelo T3273	124
Tabla 34. Características del dipolo Kathrein de 2 dBd.	125
Tabla 35. Características Filtro Pasa-banda Kathrein modelo 728-726.	127
Tabla 36. Parámetros de recepción mínimos para el sistema DRM+.	132
Tabla 37. Parámetros de simulación de sistema de radiodifusión digital.	133
Tabla 38. Receptores de Radio Digital compatibles con DRM+.	140
Tabla 39. Costos referenciales de la migración digital.	141

RESUMEN

El presente trabajo de tesis toma como base los lineamientos del estándar y sistema, Digital Radio Mondiale (DRM), el cual permite la radiodifusión digital terrestre (RDT), específicamente se toma su versión DRM+, última, que permite la transmisión de audio digital y datos, en la actual banda II (88-108MHz) destinada a la radiodifusión analógica en frecuencia modulada (FM).

El presente trabajo de tesis consta de 5 capítulos distribuidos de la siguiente manera:

El Capítulo 1 aborda temáticas básicas como: los inicios de la radio en el Ecuador, organismos de control de las telecomunicaciones en el Ecuador, normativa legal vigente, bandas del espectro radioeléctrico, preceptos básicos de la radiodifusión analógica, etc.

En el Capítulo 2, se abordan: los principios básicos de la radiodifusión digital terrestre (RDT), comparación con la radiodifusión analógica, ventajas y nuevas facilidades de la radio digital, se aborda también los servicios que permite la RDT, esquema básico de un sistema de RDT, se incluye en este capítulo también una muy breve descripción de algunos otros sistemas de radiodifusión digital sonora existentes en el mercado.

En el Capítulo 3, se estudia: el sistema DRM elegido como base fundamental del presente trabajo, en este capítulo se abordan temáticas como: origen del sistema, ventajas y servicios, componentes principales del sistema, tipos de codificación y de modulación que emplea, método de transmisión híbrida o simulcast, etc.

El Capítulo 4, se ha dedicado a analizar la situación actual de la Radio Universitaria 98.5FM, constando en él, cuales son los equipos básicos con los que actualmente cuenta la estación, datos técnicos de operación autorizados, arquitectura del actual sistema de transmisión, simulación de los radioenlaces que están operando actualmente, y análisis de cobertura del sistema de radiodifusión analógica.

Finalmente en el Capítulo 5, se presenta el diseño de un sistema de radiodifusión digital terrestre, que permitirá a la estación, la transmisión híbrida, tanto analógica como digital de sus contenidos.

SUMMARY

This thesis builds on the guidelines of the standard system, Digital Radio Mondiale (DRM) which allows digital terrestrial broadcasting (RDT), specifically version DRM +, ultimate, which allows the transmission of digital audio is taken and data in the current band II (88-108MHz) for analogue broadcasting on frequency modulation (FM).

This thesis consists of 5 chapters distributed as follows:

Chapter 1 addresses basic issues such as: the beginnings of radio in Ecuador, watchdogs telecommunications in Ecuador, legal regulations, radio spectrum bands, basic precepts of analog broadcasting.

In Chapter 2, are addressed: the basic principles of digital terrestrial broadcasting (RDT), compared to analogue broadcasting, advantages and facilities of the new digital radio service that allows RDT basic outline of a system also addresses RDT, is included in this chapter also a very brief description of some other existing systems digital sound broadcasting in the market.

In Chapter 3, we study the DRM system chosen as the fundamental basis of this study, this chapter addresses topics such as: system origin, benefits and services, major system components, types of coding and modulation used, method hybrid or simulcast transmission, etc.

The Chapter 4, it has analyzed the current situation of the University Radio 98.5FM, which are the basic equipment with which the station is currently, technical data authorized operation of the current system architecture transmission simulation of the radio links that are currently operating, and coverage analysis of analog broadcasting system.

Finally in Chapter 5, we show the design of a digital terrestrial broadcasting system, which will allow the hybrid transmission station, both analogue and digital, of your programming.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Realizar el diseño del sistema de radiodifusión digital sonora para la Radio Universitaria FM basado en el estándar DRM, el cual contendrá todos los estamentos necesarios para su implementación a futuro, dotando a la institución de un sistema de tecnología de punta, siendo pioneros en la Región Sur del País en el diseño de este tipo de sistemas.

Objetivos específicos:

- Analizar la infraestructura existente en Radio Universitaria, y estudiar la eficiencia geográfica del sistema de transmisión actual.
- Acoplar el diseño del sistema radiodifusión digital FM a las necesidades y recursos físicos de la Radio Universitaria 98.5 FM.
- Diseñar el sistema de estudio master para la Radio Universitaria FM según los lineamientos del estándar DRM
- Diseñar el sistema de radio difusión considerando el estudio de eficiencia geográfica, lo cual permitirá optimizar dicho sistema.
- Elaboración de la memoria técnica y presupuesto necesarios para la implementación futura.

INTRODUCCIÓN

La digitalización de la información y con ello de los servicios de telecomunicaciones, se ha vuelto en las últimas décadas, una necesidad creciente que se ha extendido y se sigue extendiendo a todas las ramas del haber tecnológico, principalmente por las enormes ventajas que representa, como son la capacidad de regeneración, corrección de errores, fácil procesamiento, compresión, etc.

En esta carrera imparable la radio no podría quedar de lado, es así, que con la digitalización de la televisión en puertall, Ecuador debe empezar a prepararse para la digitalización de la radiodifusión sonora, preparación que va de la mano del desarrollo de trabajos investigativos, como el que se ha realizado en el presenta trabajo de tesis de grado.

Si bien a nivel de América del Sur, hasta la fecha ningún país ha adoptado de manera oficial estándar alguno para la radiodifusión digital terrestre (RDT) o en inglés Digital Audio Broadcasting (DAB) , países como Chile, Argentina, Brasil, Perú, entre otros, ya han empezado a probar algunos de los diversos estándares que existen en el mercado, cosa similar se ha hecho en nuestro país, donde se ha empezado a probar el estándar DRM (Digital Radio Mondiale), con la colaboración de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), la radio HCJB “La voz de los Andes” y la Unión Nacional de Periodistas. Siendo este estándar el mas oopcionado para implementarse en nuestro país; porque trabaja en la misma canalización actual para los servicios de radiodifusión analógica, tanto en AM, OC y FM; porque permite transmisión hibrida (simulcast); y, porque la explotación del mismo no requiere del pago de licencias.

Por las razones anteriores y en basé a múltiples trabajos investigativos revisados y abordados a lo largo del desarrollo del presente trabajo, se ha elegido el sistema DRM, específicamente con su variante DRM+, como modelo a seguir para el diseño del sistema de radiodifusión digital sonora para la Radio Universitaria 98.5 FM, diseño que permitirá la transmisión hibrida de las señales analógicas y digitales, reutilizando en la medida de lo posible la infraestructura existente; y sobre todo preparando a la estación para el advenimiento de la digitalización de la radiodifusión sonora.

TEMA:

“DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL BAJO EL ESTÁNDAR RADIO DIGITAL MUNDIAL (DRM) PARA LA RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM.”

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR

1.1. Inicios de la radiodifusión en el Ecuador [1] [2]

La historia de la radiodifusión en el Ecuador empieza a finales de 1924 en la “Sultana de los Andes”, Riobamba; por iniciativa de un ingeniero riobambeño de nombre Carlos Cordovez Borja quien tuvo la fortuna de graduarse de Ingeniero en Electrónica en la prestigiosa Universidad de Yale en los EE.UU; dicho de paso, este riobambeño fue el primer ecuatoriano en alcanzar dicho mérito.

A finales de 1924 el Ing. Cordovez dio los primeros pasos en la radiodifusión, instalando un transmisor de 100 W, el mismo que en un inicio sólo era utilizado para tener un contacto con otros radioaficionados, este ingeniero ecuatoriano formó un club de comunicadores independientes en compañía de Luis Avilés, Rafael Muller, Leonardo Ponce y el jesuita Carlos Almeida.

El antes mencionado ingeniero a su regreso a Ecuador se puso al frente de una fábrica textil llamada “El Prado”, mismo nombre que llevaría la primera estación de radiodifusión de nuestro país, fue así que luego de perfeccionar sus emisiones de prueba, el Ing. Cordovez instaló su radio en dicha fábrica textil en el año de 1925 empleando un transmisor de 25 W en la banda de 60 metros (5 MHz).

Tuvieron que pasar cuatro años hasta que a las 9 de la noche de un jueves 13 de junio del año 1929, desde la mencionada fábrica textil, inicia oficialmente sus transmisiones “Radio El Prado”. Fue así como inició la época de la radiodifusión en nuestro país, posteriormente vendrían otras estaciones de radiodifusión, entre las principales se detallan las siguientes:

- En 1927 en el barrio Las Peñas, aparece la primera emisora en Guayaquil.
- En 1929 nace la “Radio Nacional” con una potencia de 15 W en donde se transmitía eventos deportivos. En 1932 eleva su potencia hasta los 250 W.
- En 1930 aparece la radio privada en Quito con la “Radio HCJB” con un transmisor de 250 W. La estación nace como “La Voz de Quito” que luego fue cambiada a “La Voz de los Andes”, su primera emisión se realizó el 31 de diciembre de 1931.

- En 1930 también aparece “Ecuador Radio” en onda corta con autorización del gobierno.
- En 1935 Diario El Telégrafo, en Guayaquil, pone al aire una emisora con el mismo nombre de la versión impresa, Radio El Telégrafo.
- En 1938 desde un trasmisor de 50 W de potencia, emite sus señales la primera radio en la ciudad de Cuenca.
- En 1940 aparece Radio Quito, perteneciente a los propietarios de Diario El Comercio.

1.2. Regulación de la radiodifusión en el Ecuador

1.2.1. Introducción

En el Ecuador en los últimos años algunos son los cambios que se han dado en el aspecto regulatorio de las telecomunicaciones y en los entes involucrados, los principales cambios han girado en torno a la organización, dependencia y atribuciones de los organismos ligados al campo de las telecomunicaciones, es así que con la creación en el 2009 del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) se fusionaron el Consejo Nacional de Radio y Televisión (CONARTEL) y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), con lo cual este último organismo pasa a asumir las competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos y atribuidas al CONARTEL en los mismos términos constantes en la Ley de Radiodifusión y Televisión y demás normas secundarias.

Como se mencionó, algunos han sido los cambios organizativos en el ámbito de las telecomunicaciones en el Ecuador por ello es necesario recordar los principales organismos involucrados, sus principales funciones y la manera como en conjunto forman el ente de control de las telecomunicaciones, así también es necesario recordar la base legal sobre la cual opera el servicio de radiodifusión sonora en el Ecuador.

1.2.2. Organismos de control de las telecomunicaciones en Ecuador

1.2.2.1. Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL)

El MINTEL fue creado mediante Decreto Ejecutivo N° 8 firmado por el Presidente de la República, Econ. Rafael Correa Delgado, el 13 de agosto de 2009, en el artículo 1 de tal decreto se define las funciones que el mismo debe desempeñar, textualmente se enuncia:

“...tendrá como finalidad emitir políticas, planes generales y realizar el seguimiento y evaluación de su implementación, coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios y promover su uso efectivo, eficiente y eficaz, que asegure el avance hacia la Sociedad de la Información para el buen vivir de toda la población ecuatoriana” [3].

En el artículo 2 del decreto antes mencionado se especifican las funciones del MINTEL, las cuales son:

- Ejercer la representación del Estado en materia de Sociedad de la Información y Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Formular, dirigir, coordinar y evaluar las políticas, planes y proyectos para la promoción de la Sociedad de la Información y del Conocimiento y las Tecnologías de la Información y Comunicación.

1.2.2.2. Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)

Creado en 1995 por la Ley Reformativa a la Ley Especial de Telecomunicaciones, la cual también es conocida como Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

“El Consejo Nacional de Telecomunicaciones tendrá la representación del Estado para ejercer, a su nombre, las funciones de administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones, y es la Administración de Telecomunicaciones del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones” [3].

Este organismo tiene como funciones principalmente:

- Dictar las políticas del Estado con relación a las Telecomunicaciones.
- Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones.
- Aprobar el Plan de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico.
- Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones.
- Aprobar los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones abiertos a la correspondencia pública, así como los cargos de interconexión que deban pagar obligatoriamente los concesionarios de servicios portadores, incluyendo los alquileres de circuitos;
- Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones.
- Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones y para el uso del espectro radioeléctrico.
- Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes.
- Promover la investigación científica y tecnológica en el área de las telecomunicaciones.
- Aprobar los porcentajes provenientes de la aplicación de las tarifas por el uso de frecuencias radioeléctricas que se destinarán a los presupuestos del CONATEL, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

1.2.2.3. La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL)

Es el organismo encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país, tiene como función principal:

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

radioeléctrico y los servicios, así como ejecutará las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad” [3]

Entre algunas de las funciones de la SENATEL están:

- Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL.
- Ejercer la gestión y administración del espectro radioeléctrico.
- Elaborar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones.
- Elaborar el Plan de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico.
- Elaborar las normas de regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones.
- Suscribir contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones y para el uso del espectro radioeléctrico siempre que ellos sean autorizados por el CONATEL
- Otorgar la autorización necesaria para la interconexión de las redes; entre algunas otras.

1.2.2.4. La Superintendencia Nacional de Telecomunicaciones (SUPERTEL)

Fue creada en 1992 mediante la Ley Especial de Telecomunicaciones, es el organismo técnico de control de las telecomunicaciones en el Ecuador, con personería jurídica; régimen de contrataciones, administración financiera y contable y administración de recursos humanos autónoma; para tales efectos se rige por los reglamentos que expida el Presidente de la República.

Entre sus principales funciones como organismo técnico de control podemos mencionar las siguientes:

- El control y monitoreo del espectro radioeléctrico.
- El control de los operadores que exploten servicios de telecomunicaciones.

- Supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones.
- Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación y regulación.
- Controlar la aplicación de los pliegos tarifarios aprobados.
- Controlar que el mercado de las telecomunicaciones se desarrolle en un marco de libre competencia, con las excepciones señaladas en esta Ley.
- Juzgar a las empresas que incurran en las infracciones señaladas en la Ley y aplicar las sanciones en los casos que correspondan.

1.2.3. Normativa Legal Vigente

En lo que a los sistemas de radiodifusión y televisión se refiere, en el Ecuador, debemos regirnos básicamente a las disposiciones de la Ley de Radiodifusión y Televisión publicada en 1975 y sus reformas, de 1995 y de 2002; al Convenio Internacional de Telecomunicaciones; a la Ley Especial de Telecomunicaciones expedida en 1992 y posteriormente reformada en 1995 y en el 2000; al Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones; y, a las normas técnicas y administrativas que expide el CONATEL, sobre la materia.

El 18 de abril de 1975 se publicó en el Registro Oficial No. 785 la Ley de Radiodifusión y Televisión dando origen a un ordenamiento legal independiente para la prestación de los servicios de telecomunicaciones. Mediante la reforma del 9 de mayo de 1995 publicada en el Registro Oficial No. 691, esta Ley, creó el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) como organismo de regulación, a través del cual, el Estado otorga las frecuencias o canales para radiodifusión y televisión, así como, regula y autoriza estos servicios en todo el territorio nacional. Vale recalcar que dichas atribuciones del CONARTEL pasan a ser absorbidas por el CONATEL, por Decreto Ejecutivo No. 8, publicado en el Registro Oficial No. 10 del 24 de agosto de 2009, en el cual se establece la fusión de estos dos organismos. El 7 de noviembre de 2002 se realizan nuevamente reformas a esta Ley, mismas que constan en el Registro Oficial No. 699.

En la Ley de Radiodifusión y Televisión principalmente, se establecen las atribuciones del CONARTEL (hoy CONATEL), tales como:

- Expedir reglamentos administrativos o técnicos para su funcionamiento.
- Aprobar el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión.
- Autorizar la concesión de canales o frecuencias de radiodifusión y televisión, previo el cumplimiento de todos los requisitos técnicos, económicos y legales.
- Atender reclamos y apelaciones.
- Velar por el respeto a las libertades de información, de expresión, de pensamiento y de programación.
- Aprobar las tarifas por el uso de frecuencias radioeléctricas del servicio de radiodifusión y televisión.

En cuanto a la Ley Especial de Telecomunicaciones, esta fue publicada en el Registro Oficial No. 996 del 10 de agosto de 1992, esta Ley separó las funciones de regulación y control de las funciones de operador de servicios, creándose como autoridad nacional de telecomunicaciones y ente de regulación a la Superintendencia de Telecomunicaciones. El 30 de agosto 1995 en el Registro Oficial No. 700 se promulgó la vigente Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, que es conocida con el nombre de Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada. El 13 de marzo de 2000, mediante Registro Oficial No. 34 se reforma nuevamente la Ley especial de Telecomunicaciones, mediante la Ley de transformación económica, introduciendo el régimen de libre competencia.

Hasta hoy no se ha introducido de manera formal nuevas bases legales en las cuales se consideren, de forma precisa y técnica, las nuevas tecnologías que hoy en día existen como es el caso de la radio digital, tema central de la presente tesis, no así, en el caso de la televisión digital, para la cual ya existen avances significativos como es la adopción de un estándar en concreto.

1.2.4. Extracto de la NORMA TÉCNICA REGLAMENTARIA PARA RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA EN EL ECUADOR

Según se indica en la propia norma, ésta tiene por objetivo, literalmente:

“...establecer el marco técnico que permita la asignación de canales o frecuencias radioeléctricas en el espacio suprayacente del territorio ecuatoriano, minimizando las interferencias, de tal forma que se facilite la operación de los canales y se racionalice la utilización del espacio, de conformidad con la Constitución, recomendaciones de la U.I.T. y realidad nacional...” [4]

1.2.4.1. Definiciones dentro de la NORMA TÉCNICA REGLAMENTARIA PARA RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA EN EL ECUADOR [4]

ESTACIÓN MATRIZ: Aquella que genera la programación en forma estable y permanente; esta señala la ubicación del estudio, es el domicilio legal del concesionario, está ubicada en la ciudad o población autorizada a servir como área de cobertura principal.

ESTACIÓN REPETIDORA: La que repite programación para un sistema de radiodifusión debidamente conformado. Puede utilizar igual o diferente frecuencia en la misma u otra zona de acuerdo con el contrato.

ESTACIONES DE BAJA POTENCIA: Aquellas de potencia mínima, utilizadas para cubrir las cabeceras cantonales o sectores de baja población, cuya frecuencia pueda ser reutilizada por diferente concesionario, en otro cantón de la misma provincia o zona geográfica, conforme a la presente Norma Técnica.

FRECUENCIAS AUXILIARES: De enlace fijo o móvil, Son aquellas que permiten circuitos de contribución entre los estudios, distribución primaria a transmisores y recolección de información mediante enlaces terrestres, satelitales y otros, destinados a la transmisión de programación o comunicación.

COMITE TÉCNICO PERMANENTE: Grupo de personas designadas por el CONARTEL (hoy CONATEL), encargadas de entregar evaluaciones, recomendaciones técnicas y sugerencias o proyectos de reforma a los reglamentos y normas técnicas de acuerdo a los términos y políticas que determine la respectiva resolución.

ADJUDICACIÓN: Determinación técnica, temporal y condicionada para que el uso de un canal que conforme un plan, sea utilizado por una o varias personas en un servicio de radiocomunicación terrenal.

ASIGNACIÓN: Autorización que da una administración para que un concesionario o estación radioeléctrica utilice un determinado canal de frecuencia en condiciones específicas, técnicas y oficiales.

ZONA GEOGRÁFICA: Superficie terrestre asociada con una estación en la cual en condiciones técnicas determinadas puede establecerse una radiocomunicación respetando la protección establecida.

1.2.4.2. Bandas de frecuencias para radiodifusión de frecuencia modulada analógica

En cuanto al servicio de radiodifusión de frecuencia modulada analógica se refiere, para este, se establece la banda de frecuencias que va desde los 88 MHz a los 108 MHz, aprobada en el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión.

1.2.4.3. Canalización de la banda de FM

Se establecen 100 canales con una separación de 200 kHz, numerados del 1 al 100, iniciando el canal 1 en 88.1 MHz, tal como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Canalización de la banda de FM.

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

Fuente: [4]

1.2.4.4. Grupos de frecuencias

Se establecen seis grupos para distribución y asignación de frecuencias en el territorio nacional. Grupos: G1, G2, G3 y G4 con 17 frecuencias cada uno, y los grupos G5 y G6 con 16 frecuencias, como se muestra en la **Tabla 2** y **Tabla 3**. La separación entre frecuencias del grupo es de 1200 kHz. Para la asignación de canales consecutivos (adyacentes),

destinados a servir a una misma zona geográfica, deberá observarse una separación mínima de 400 kHz entre cada estación de la zona.

Tabla 2. Grupos de frecuencias G1, G2, G3.

Grupo 1 (G1)			Grupo 2 (G2)			Grupo 3 (G3)		
Canal	F(MHz)	N°	Canal	F(MHz)	N°	Canal	F(MHz)	N°
1	88.1	1	2	88.3	1	3	88.5	1
7	89.3	2	8	89.5	2	9	89.7	2
13	90.5	3	14	90.7	3	15	90.9	3
19	91.7	4	20	91.9	4	21	92.1	4
25	92.9	5	26	93.1	5	27	93.3	5
31	94.1	6	32	94.3	6	33	94.5	6
37	95.3	7	38	95.5	7	39	95.7	7
43	96.5	8	44	96.7	8	45	96.9	8
49	97.7	9	50	97.9	9	51	98.1	9
55	98.9	10	56	99.1	10	57	99.3	10
61	100.1	11	62	100.3	11	63	100.5	11
67	101.3	12	68	101.5	12	69	101.7	12
73	102.5	13	74	102.7	13	75	102.9	13
79	103.7	14	80	103.9	14	81	104.1	14
85	104.9	15	86	105.1	15	87	105.3	15
91	106.1	16	92	106.3	16	93	106.5	16
97	107.3	17	98	107.5	17	99	107.7	17

Fuente: [4]

Tabla 3. Grupos de frecuencias G4, G5, G6.

Grupo 4 (G4)			Grupo 5 (G5)			Grupo 6 (G6)		
Canal	F(MHz)	N°	Canal	F(MHz)	N°	Canal	F(MHz)	N°
4	88.7	1	5	88.9	1	6	89.1	1
10	89.9	2	11	90.1	2	12	90.3	2
16	91.1	3	17	91.3	3	18	91.5	3
22	92.3	4	23	92.5	4	24	92.7	4
28	93.5	5	29	93.7	5	30	93.9	5
34	94.7	6	35	94.9	6	36	95.1	6
40	95.9	7	41	96.1	7	42	96.3	7
46	97.1	8	47	97.3	8	48	97.5	8
52	98.3	9	53	98.5	9	54	98.7	9
58	99.5	10	59	99.7	10	60	99.9	10
64	100.7	11	65	100.9	11	66	101.1	11
70	101.9	12	71	102.1	12	72	102.3	12
76	103.1	13	77	103.3	13	78	103.5	13
82	104.3	14	83	104.5	14	84	104.7	14
88	105.5	15	89	105.7	15	90	105.9	15
94	106.7	16	95	106.9	16	96	107.1	16
100	107.9	17						

Fuente: [4]

1.2.4.5. Distribución de frecuencias

La distribución de frecuencias se hará por zonas geográficas, de tal manera que se minimice la interferencia de cocanales y canales adyacentes. Las zonas pueden corresponder a:

- Conjunto de cantones de una provincia
- Provincias completas
- Integración de una provincia con cantones de otra provincia
- Unión de provincias.

Las zonas geográficas se identifican con una letra del alfabeto, de manera más clara la nomenclatura es la siguiente:

- Letra inicial F = Frecuencia Modulada.
- Segunda letra = La asignada a cada zona geográfica.
- En tercer lugar, el número ordinal que corresponda en forma ascendente.

Dichas zonas se muestran en la **Tabla 4**. Esto no modifica las limitaciones o derechos sobre frecuencias que por provincias establece la ley para cada concesionario, pues esta norma trata únicamente los requerimientos técnicos.

Tabla 4. Zonas geográficas para radiodifusión en FM.

Zonas Geográficas	Cobertura de las Zonas Geográficas	Grupo de frecuencias
FA001	Azuay y Cañar	1, 3 y 5
FB001	Provincia de Bolívar excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes	4 y 6
FC001	Provincia del Carchi	1, 3 y 5
FD001	Provincia de Orellana	2 y 4
FE001	Provincia de Esmeraldas, excepto Rosa Zárate y La Concordia que pertenecen a la Zona P, subgrupo P1	2, 4 y 6
FG001	Provincia del Guayas, Sub-zona 1 (independiente de la Subzona 2), excepto las ciudades de El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno, Simón Bolívar, Milagro, Naranjito, Maridueña, El Triunfo, Naranjal, Balao y Bucay	1, 3 y 5
FG002	Provincia del Guayas, subzona 2, (independiente de la subzona 1), comprende las ciudades de la Península de Santa Elena y General Villamil	1, 3 y 5

FH001	Provincia de Chimborazo, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de esta provincia.	1, 3 y 5
FJ001	Provincia de Imbabura	2, 4 y 6
FK001	Provincia de Santo Domingo de los Sáchilas, e incluye los cantones aledaños: El Carmen (de la provincia de Manabí), Rosa Zárate y la Concordia (de la provincia de Esmeraldas), Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos (de la provincia de Pichincha).	1, 3 y 5
FL001	Provincia de Loja	1, 3 y 5
FM001	Provincia de Manabí; excepto los cantones El Carmen y Pichincha	1, 3 y 5
FN001	Provincia de Napo.	1 y 3
FO001	Provincia de El Oro, e incluye Milagro, Naranjito, Bucay, Maridueña, El Triunfo, Naranjal y Balao de la provincia del Guayas, La Troncal y las estribaciones del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Chimborazo, Cañar y Azuay	2, 4 y 6
FR001	Provincia de Los Ríos, e incluye El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno y Simón Bolívar de la provincia del Guayas, cantón Pichincha de la provincia de Manabí y las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cotopaxi y Bolívar	2, 4 y 6
FP001	Provincia de Pichincha, subzona 1, (independiente de la subzona 2)	1, 3 y 5
FP002	Provincia de Pichincha, subzona 2, (independiente de la subzona 1), comprende: Santo Domingo de los Colorados e incluye los cantones aledaños: El Carmen (de la provincia de Manabí), Rosa Zárate y la Concordia (de la provincia de Esmeraldas)	1, 3 y 5
FS001	Provincia de Morona Santiago.	1 y 3
FT001	Provincias de Cotopaxi y Tungurahua, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Cotopaxi y el cantón Baños de la provincia de Tungurahua	1, 3 y 5
FH001	Provincia de Chimborazo, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de esta provincia	1, 3 y 5
FU001	Provincia de Sucumbíos	1, 3 y 5
FX001	Provincia de Pastaza, incluido Baños (de la provincia de Tungurahua)	4 y 6
FY001	Provincia de Galápagos	2 y 4
FZ001	Provincia de Zamora Chinchipe excepto el cantón El Panguí.	3 y 5

Fuente: [4]

1.2.4.6. 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.

ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL: Ciudad o poblado, específicos, cubiertos por irradiación de una señal de FM, con características detalladas en el respectivo contrato de concesión.

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 zona geográfica.

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.

ÁREA DE COBERTURA AUTORIZADA: Superficie que comprende el área de cobertura principal, más el área de cobertura secundaria de protección.

Las áreas de cobertura que se hallen definidas, podrán ampliarse en la misma zona geográfica a favor del mismo concesionario, mediante la reutilización de las frecuencias.

1.2.4.7. Asignación de frecuencias

El CONARTEL (CONATEL), asignará en condiciones específicas las frecuencias, previo informe técnico de la SUPTEL (SUPERTEL), emitido en base a los parámetros de la presente norma técnica, observando la disponibilidad de canales y el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias.

Todo concesionario podrá reutilizar un cocanal en una misma zona geográfica, para servir su provincia con repetidoras.

El intercambio de frecuencias entre concesionarios o cambio por otra frecuencia disponible, de acuerdo con la norma técnica, es factible previa solicitud y autorización del CONARTEL (CONATEL).

Todo concesionario puede solicitar al CONARTEL (CONATEL) el cambio de la frecuencia que le corresponde a cualquier otra que hallare disponible, siempre y cuando se observe lo establecido en la presente norma.

ESTACIONES DE BAJA POTENCIA: Aquellas con un máximo de potencia de 250 W, autorizadas para servir en cualquier población de cada zona geográfica que permiten reutilizar su frecuencia para la irradiación de señales a otros cantones de la misma zona, sin que su señal se propague o rebase los límites de la cobertura autorizada.

FRECUENCIAS AUXILIARES: Son aquellas que permiten circuitos de contribución entre los estudios, distribución primaria a transmisores y recolección de información mediante enlaces terrestres, satelitales y otros, destinados a la transmisión de programación o comunicación. Pueden ser reutilizadas por el mismo concesionario, con sujeción al estudio técnico de enlaces para la misma provincia y zona.

1.2.4.8. Características técnicas

Los parámetros técnicos de la instalación de una estación, así como sus emisiones deben estar de acuerdo con la presente norma y observar:

ANCHO DE BANDA: De 220 kHz para estéreo y 180 kHz para monofónica, con una tolerancia de hasta un 5%.

FRECUENCIAS DE BANDA BASE PARA AUDIO: Desde 50 Hz hasta 15 kHz.

SEPARACIÓN ENTRE PORTADORAS: Será determinada por los grupos de frecuencias correspondientes a cada zona geográfica.

PORCENTAJE DE MODULACIÓN: Sin exceder los siguientes valores en las crestas de recurrencia frecuente:

- Para sistemas monofónicos o estereofónicos, únicamente 100%.
- Si éstos utilizan una sub-portadora: 95%.
- Si utilizan dos a más sub-portadoras: 100%.

POTENCIA DE OPERACIÓN O POTENCIA EFECTIVA RADIADA (P.E.R.):

Los valores a considerarse corresponden a la potencia efectiva radiada.

La intensidad de campo necesaria para cumplir con la norma, es el valor determinado para los requerimientos de potencia.

- **Potencias máximas:** Las potencias efectivas radiadas, no excederán de aquellas que se requieran para cubrir los valores máximos autorizados de intensidad de campo en el área de cobertura autorizada.

Por sus características y cercanía a zonas pobladas, las estaciones de baja potencia tendrán un P.E.R. de 250 W máximo.

INTENSIDAD DE CAMPO: Valores promedios a 10 metros sobre el nivel del suelo mediante un muestreo de por lo menos cinco puntos referenciales.

- **Estaciones de potencia normal:**

En el borde del área de cobertura principal ≥ 54 dBuV/m.

En el borde del área de cobertura secundaria o de protección ≤ 30 dBuV/m.

A otras zonas geográficas: < 30 dBuV/m.

- **Estaciones de baja potencia y de servicio comunal:**

En el borde de área de cobertura principal ≤ 43 dBuV/m.

En otras zonas geográficas < 30 dBuV/m.

TOLERANCIA DE FRECUENCIA: La máxima variación de frecuencia admisible para la portadora principal será de ± 2 kHz.

DISTORSIÓN ARMÓNICA: La distorsión armónica total de audiofrecuencia desde las terminales de entrada de audio del transmisor, hasta la salida del mismo, no debe exceder del 0.5% con una modulación del 100% para frecuencias entre 50 y 15.000 Hz.

ESTABILIDAD DE LA POTENCIA DE SALIDA: Se instalarán los dispositivos adecuados para compensar las variaciones excesivas de la tensión de línea u otras causas y no debe ser menor al 95%.

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.

NIVELES DE EMISIÓN NO ESENCIALES: deben atenuarse con un mínimo de 80 dB por debajo de la potencia media del ancho de banda autorizado y con una modulación del 100%.

1.2.4.9. Sistema de transmisión

La modificación o sustitución de los equipos, de un sistema de transmisión, será permitida siempre y cuando no se alteren las características originales.

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

LINEA 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: Podrán ser de polarización horizontal, circular o elíptica; 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.

Las frecuencias auxiliares para enlace requieren autorización expresa. La utilización de todo tipo de enlace impone el cumplimiento de las obligaciones previstas en el pliego tarifario.

Los enlaces que no utilizan frecuencias radioeléctricas pueden ser utilizados, siempre y cuando el concesionario informe y notifique lo correspondiente al CONARTEL (CONATEL).

1.2.4.10. Ubicación de la estación

LOS TRANSMISORES:

- **En general:** Fuera del área urbana, que no provoquen saturación en los sistemas de recepción de televisión, y podrán ubicarse en áreas físicas compartidas con otros concesionarios de igual o diferente servicio, inclusive de telecomunicaciones.

Los transmisores podrán instalarse dentro de las ciudades exclusivamente cuando existan áreas geográficas aisladas que no estén pobladas y tengan una altura que supere en 60 metros a la altura promedio de la zona urbana.

- **Transmisores de baja potencia:** Se ubicarán en áreas periféricas de la población a servir y el sistema radiante estará a una altura máxima de 36 metros sobre la altura promedio de la superficie de la población servida.

1.2.4.11. 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.

DE 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 exterior del área física que aloja el transmisor y en la torre que soporta el sistema radiante debe existir la respectiva identificación de acuerdo al indicativo señalado en el contrato. Dicha identificación tendrá un formato mínimo de 1000 centímetros cuadrados. Los transmisores en sitios colindantes a instalaciones de fuerzas

armadas requieren autorización expresa, excepto en aquellos lugares donde ya existen otras instalaciones en todo caso, el concesionario dará oportuno aviso al CONARTEL (CONATEL) antes de realizar la instalación.

La ubicación de transmisores en sitios contiguos a lugares con instalaciones para equipos de radio ayuda u otros de aeronavegación previo pronunciamiento del CONARTEL (CONATEL), requiere en primer lugar autorización de la Dirección de Aviación Civil, con fundamento en el análisis y estudio de los técnicos de dicha entidad.

Las torres para sistemas radiantes de frecuencia modulada, no pueden ser instaladas en el cono de aproximación de pistas de aterrizaje, salvo autorización expresa de la Dirección de Aviación Civil u organismo competente. Las torres para sistemas radiantes requieren balizamiento diurno, y nocturno.

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 CONARTEL (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 al CONARTEL (CONATEL).

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.

1.3. Estaciones de radiodifusión en el país

En la siguiente tabla se muestra un resumen estadístico del número de estaciones de radiodifusión sonora autorizadas en el ámbito nacional hasta junio de 2013, por provincias.

Tabla 5. Resumen estadístico de estaciones de radiodifusión en Ecuador

Provincias	Onda Corta OC	Amplitud Modulada AM	Frecuencia Modulada F.M			Total Radiodifusión Sonora
			Matriz	Repetidoras	Total FM	
Azuay		18	34	40	74	92
Bolívar		3	17	6	23	26
Cañar		8	15	13	28	36
Carchi		1	18	15	33	34
Chimborazo		8	33	25	58	66
Cotopaxi	1	9	12	1	13	23
El Oro		15	31	20	51	66
Esmeraldas		4	23	18	41	45
Galápagos			9	8	17	17
Guayas		42	47	11	58	100
Imbabura	1	12	27	10	37	50
Loja	2	5	39	29	68	75
Los Ríos		4	18	16	34	38
Manabí		12	44	29	73	85
Morona Santiago	4	1	15	18	33	38
Napo	3	2	9	10	19	24
Orellana			10	6	16	16
Pastaza			17	6	23	23
Pichincha	2	43	45	8	53	98
Santa Elena		2	17	30	47	49
Santo Domingo	1	2	21	18	39	42
Sucumbios		1	20	9	29	30
Tungurahua		14	20	22	42	56
Zamora Chinchipe			7	12	19	19
TOTAL:	14	206	548	380	928	1148
PORCENTAJE	1,2%	17,9%	47,7%	33,1%	80,8%	100,0%

Fuente: [5]

En resumen podemos ver que del 100% de las estaciones de radiodifusión el mayor porcentaje de estas, corresponden a estaciones FM; seguidas de las estaciones en AM; tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Estaciones de radiodifusión sonora en OC, AM y FM

SERVICIO	N° ESTACIONES	%
Onda Corta OC	14	1,2%
Amplitud Modulada AM	206	17,9%
Frecuencia Modulada FM	928	80,8%
TOTAL RADIODIFUSION	1148	100,0%

Fuente: [5]

De la tabla anterior se concluye el gran uso de la banda dedicada para la radiodifusión sonora en FM, puesto que el 80,8 % de las estaciones en todo el país, se encuentran ocupando dicha banda, de ahí la importancia de optimar el uso espectral de la misma, mediante la radiodifusión digital sonora.

En contraparte también podemos concluir que puesto que la banda de FM es la más explotada, una alternativa sería explotar las otras bandas de radiodifusión que se encuentran menos saturadas. Ventajosamente el estándar DRM con su variante DRM+ permite operar sobre cualquiera de las bandas que actualmente se utilizan para radiodifusión sonora en nuestro país.

1.4. Espectro Radioeléctrico y sus bandas de frecuencia

“El sector estratégico del espectro radioeléctrico es un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales científicas y médicas” [6].

El espectro radioeléctrico es considerado por nuestra constitución como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, la base legal del sector de las telecomunicaciones del Ecuador lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible [7].

1.4.1. Bandas de frecuencia según la ITU

La UIT ha dividido el espectro radioeléctrico en nueve bandas de frecuencia, identificadas con números enteros progresivos de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 7. Bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico.

N°	BANDA	INTERVALO DE FRECUENCIA	DENOMINACIÓN MÉTRICA	ABREVIATURA CALIFICADA
4	Muy baja frecuencia	3 – 30 kHz	Miriamétricas 100 km a 10 km	VLF
5	Baja frecuencia	30 – 300 kHz	Kilométricas 10 km a 1 km	LF
6	Medias frecuencias	300 – 3000 kHz	Hectométricas 1000 m a 100 m	MF
7	Altas frecuencias	3 – 30 MHz	Decamétricas 100 m a 10 m	HF
8	Muy altas frecuencias	30 – 300 MHz	Métricas 10 m a 1 m	VHF
9	Ultra altas frecuencias	300 – 3000 MHz	Decimétricas 1 m a 0.1 m	UHF
10	Súper altas frecuencias	3 – 30 GHz	Centimétricas 10 cm a 1 cm	SHF
11	Frecuencias extremadamente altas	30 – 300 GHz	Milimétricas 10 mm a 1 mm	EHF
12		300 - 3000 GHz	Decimilimétricas 1 mm a 0.1 mm	S/N

Fuente: [8]

1.5. Plan Nacional de frecuencias para servicios de radiocomunicaciones en Ecuador

El Plan Nacional de Frecuencias establece la distribución del espectro radioeléctrico del país; así como los mecanismos para implementar nuevos servicios y tecnologías. La Ley Reformatoria de Radiodifusión y Televisión establece que el Plan Nacional de Frecuencias tiene la función de crear normas para la atribución de las bandas, sub-bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones [9].

A continuación se muestra la atribución de frecuencias actual para el servicio de Radiodifusión Sonora en el país.

Tabla 8. Atribución de frecuencias para el servicio de Radiodifusión Sonora en el país.

BANDAS	SERVICIO	CARACTERISTICA
525 – 535 kHz	Radiodifusión Sonora	Amplitud Modulada
535 – 1605 kHz		
1605 – 1625 kHz		
1625 – 1705 kHz		
2300 – 2495 kHz	Radiodifusión Sonora	Onda Corta para la Zona Tropical
3200 – 3230 kHz		
3230 – 3400 kHz		
4750 – 4850 kHz		
4850 – 4995 kHz		
5005 – 5060 kHz		
5900 – 5950 kHz	Radiodifusión Sonora	Onda Corta Internacional o Decamétricas
5950 – 6200 kHz		
7300 – 7350 kHz		
9400 – 9500 kHz		
9500 – 9900 kHz		
11600 – 11650 kHz		
11650 – 12050 kHz		
12050 – 12100 kHz		
13570 – 13600 kHz		
13600 – 13800 kHz		
13800 – 13870 kHz		
15100 – 15600 kHz		
15600 – 15800 kHz		
17480 – 17550 kHz		
17550 – 17900 kHz		
18900 – 19020 kHz		
21450 – 21850 kHz		
25670 – 26100 kHz		
88 – 108 MHz	Radiodifusión Sonora	Frecuencia Modulada
225 – 235 MHz	Fijo y Móvil	Para radiodifusión sonora
425 – 430 MHz	Fijo y Móvil (excepto móvil aeronáutico)	Para radiodifusión sonora
946 – 951 MHz	Fijo y móvil	Para radiodifusión sonora
2520 – 2655 MHz	Fijo, Fijo por Satélite, Móvil, Radiodifusión por Satélite	Sistemas MMDS
2655 – 2670 MHz	Fijo, Fijo por satélite, móvil, Radiodifusión por satélite	Sistemas MMDS

Fuente: [6] [9]

1.6. Bandas destinadas a los servicios de radiodifusión analógica [10]

A continuación se mencionan las bandas destinadas a los servicio de radiodifusión analógica, y que se convierten en el referente para la radiodifusión digital sonora, pues estas mismas bandas son las que se usaran en la RDT, según el sistema elegido (DAB, IBOC, DRM, etc.)

Ondas largas.- (LW: 148,5 a 283 kHz), corresponden a la banda de LF (30-300 kHz); la longitud de onda es superior al kilómetro.

Ondas medias.- (MW: 526,5 a 1.605,5 kHz), este es el conocido servicio de radiodifusión en onda media (OM), que se encuentra ubicado en la banda de MF.

Ondas cortas.- (SW: 3,2 a 26,1 MHz), corresponden a la banda de HF. En esta banda la propagación se realiza por onda de espacio para distancias cortas (inferiores a 150 km).

Ondas ultracortas.- (BANDA I: 47 a 68 MHz), (BANDA II: 87,5 a 108 MHz), (BANDA III: 174 a 230 MHz), (BANDAS IV y V: 470 a 850 MHz), corresponden a las bandas de VHF y UHF. En estas bandas se encuentran los servicios de radiodifusión en FM y televisión terrena.

Microondas.- (10,95 a 12,5 GHz), esta banda, comprendida dentro de la banda de SHF, está destinada a la difusión de programas de TV por satélite.

1.7. Radiodifusión Analógica

Podemos definir la radiodifusión analógica como el conjunto de tecnologías que permiten la transmisión de señales analógicas, a través del espectro radioeléctrico, usando señales portadoras moduladas en amplitud o frecuencia.

La radiodifusión analógica comprende en la actualidad a la radiodifusión en onda media, onda corta y onda ultracorta.

1.8. Tecnologías de radiodifusión analógicas

En cuanto a las tecnologías que se emplean para la radiodifusión analógica, tenemos básicamente tres, que son: la modulación en frecuencia FM siendo esta la más empleada, la modulación en amplitud AM, y la difusión en onda corta en la que también se emplea la modulación en amplitud AM.

1.8.1. La radiodifusión en Amplitud Modulada (AM)

Este tipo de radiodifusión consiste en la transmisión de la señal portadora modulada en amplitud que permite la emisión de información y cuya recepción está destinada al público en general. Las emisiones radioeléctricas operan en la banda comprendida en 526,5 a

1.605,5 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.

El rendimiento de esta modulación es malo, debido a que el 50% de la energía es utilizada en transmisión y el 50% se usa para transmitir la señal moduladora [11].

Para poder mejorar el rendimiento, se usa unas variaciones:

- DBL (doble banda lateral) no transmite portadora cuando no hay moduladora.
- BLU (banda lateral única) se elimina una de las bandas laterales.
- BLR (banda lateral residual) envía una banda lateral completa y un residuo de la otra.

En el Ecuador se han establecido 118 canales separados cada uno con 10 kHz. La separación entre frecuencias de una misma zona es de 20 kHz. El Plan Nacional de Frecuencias establece las bandas que son atribuidas al servicio de Radiodifusión Sonora en Amplitud Modulada (525 – 535kHz, 535 - 1.605kHz, 1.605 - 1.625kHz, 1.625 - 1.705kHz), tal como es muestra en la **Tabla 8**.

Según la Superintendencia de Telecomunicaciones las estaciones que operen en Amplitud Modulada deben tener los siguientes niveles de potencia [12]:

- Estaciones nacionales, la potencia mínima superior es de 10 KW.
- Para las estaciones regionales se ha convenido en una potencia mínima de 3 KW y una potencia máxima de 10 KW.
- Estaciones locales con 3 KW como máximo. El mínimo de potencia de las estaciones AM locales en las capitales de provincia y otras ciudades cuya población sobrepase los cincuenta mil habitantes, será de 1 kW. En las poblaciones que no lleguen a la cantidad citada, la potencia máxima será de 500 W

1.8.2. La radiodifusión en Onda Corta (OC)

La radiodifusión en onda corta utiliza generalmente una variación de la modulación en AM que es la modulación en AM-BLU (Banda Lateral Única), según consta en el Plan Nacional de Frecuencias se han definido las bandas que constan en la **Tabla 8**, para el servicio de Radiodifusión por onda corta [6].

Estas estaciones de radiodifusión operan en 2 grupos de bandas de frecuencias tal como se puede observar en la **Tabla 8**, las bandas tropicales 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, razón por la cual las emisoras locales son las que más emplean esta banda. 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 [9].

1.8.3. La radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM)

El servicio de radiodifusión en frecuencia modulada es un sistema de transmisión de radio en el que la onda portadora se modula de forma que su frecuencia varíe según la señal de audio transmitida.

La banda FM, en el Ecuador, está distribuida en 100 canales, tal como se muestra en la **Tabla 1**, dichos canales poseen un ancho de banda de 180 kHz para estaciones monoaurales y de 220 kHz para las estereofónicas. Para la asignación de canales consecutivos (adyacentes), destinados a servir a una misma zona geográfica, deberá observarse una separación mínima de 400 kHz entre cada estación de la zona.

Según consta en la Norma Técnica Reglamentaria Para Radiodifusión en FM, la potencia mínima de las estaciones de frecuencia modulada, en el Ecuador, será, en general, 250 W, con excepción de las que se encuentren en las ciudades donde su población sobrepase los doscientos mil habitantes, en estas últimas se permitirá una potencia de hasta 500 W [4].

1.9. Desventajas de la radiodifusión analógica

La radiodifusión analógica actualmente está presentes en todos los países del mundo, su elevada popularidad demanda mejoras continuas, pues esta tecnología sufre de algunas debilidades como las que se mencionan a continuación:

- Emplea un ancho de banda muy elevado para la calidad que ofrece, si la comparamos con los sistemas digitales.
- La distancia de reutilización de los canales cuando se emplean transmisores analógicos es muy elevada, por lo que aparece un problema bastante grave, la saturación del espectro radioeléctrico ya que hay que usar una gran cantidad de canales para dar cobertura con un mismo programa.
- Los usuarios no están contentos con la calidad que les ofrece la radiodifusión sonora analógica (FM o AM), sobre todo en los casos de recepción móvil o portátil (problemas de propagación multitrayecto y efecto Doppler), por lo que demandan una mejora en la calidad.
- La potencia de los transmisores es muy elevada y gran parte de la misma se desperdicia.
- La cantidad de aplicaciones sobre radiodifusión analógica está muy limitada.

2. PRINCIPIOS DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL SONORA

2.1. ¿Qué es la radiodifusión digital sonora?

Cuando hablamos de radio digital o radiodifusión digital sonora nos referimos a la nueva generación de radio digital por difusión de ondas electromagnéticas, esta tecnología es conocida por sus siglas en inglés como DSB (Digital Sound Broadcasting) o DAB (Digital Audio Broadcasting), siglas muchas veces confundidas con el estándar europeo DAB del que más adelante se hablará, la forma correcta sería decir RDT (Radio Digital Terrestre), este último término será utilizado desde aquí en adelante, para efectos prácticos, para referirnos a la Radiodifusión Digital Sonora.

No se debe confundir la RDT con la Radio en Internet que, aunque también transmite en digital, no tiene que ver con este formato.

La RDT es el más significativo avance en el campo de la radiodifusión sonora desde la introducción del FM estéreo, es una nueva forma de transportar la señal radiofónica. La diferencia radical entre la radiodifusión digital de la analógica, es que la señal de baja frecuencia que modula la portadora es digital, de mayor calidad, inmune a los ruidos y permite un mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, al reducir a una sola frecuencia la cobertura nacional por cadena. La clave de la radio digital radica en el medio de transmitir la señal. Al ser comprimida en el espacio, donde antes cabía una sola frecuencia ahora pueden ofrecerse 2, 3, 4, etc., según el estándar que se emplee [13].

La radio ha comenzado a migrar de las tradicionales formas y modos de operación, al igual que en otras etapas de la historia de la radiodifusión, el cambio actual tiene una base tecnológica, esta tecnología digital afecta esencialmente a [14]:

- Los procesos de producción, permitiendo brindar una mayor calidad.
- Los procesos de transmisión, permitiendo un uso eficaz del espectro, así como una señal más resistente a interferencias.
- Los sistemas de recepción de los programas de radio, obteniendo mejores coberturas y mejores condiciones técnicas de recepción.

En el campo de la radiodifusión digital sonora, son tres los principales estándares que están surgiendo y tomando fuerza, los cuales son:

- DAB (Digital Audio Broadcasting, antes llamado Eureka 147) de origen Europeo, opera en la banda VHF (Banda III) y en la banda L.
- IBOC (In- Band On-Channel conocido también como HD Radio), de los EE.UU., y se basa en el estándar desarrollado por Ibiquity Digital Corp. para las bandas existentes en AM y FM.
- DRM (Digital Radio Mondiale) empleado en AM, FM y onda corta.

También sirven para radiodifusión digital algunos sistemas de TDT (Televisión Digital Terrestre), como el Brasileño SBTVD-T¹.

2.2. Radiodifusión Sonora Digital & Analógica

La Radiodifusión Digital de audio como ya se mencionó 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 a diferencia de la radio analógica donde se procesa los sonidos en patrones de señales eléctricas. [13]

La radiodifusión sonora analógica en FM funciona de manera aceptable para estaciones fijas de recepción, donde puede montarse una antena direccional en un lugar seleccionado, pero presenta varios 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 problema de la radiodifusión en general es la recepción por trayectoria múltiple, donde la señal directa se recibe junto con esos retardos provenientes de grandes cuerpos reflectores tales como grandes edificaciones, montañas, etc. 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. Hasta ahora la señal analógica, que

¹SBTVD-T.- Sistema Brasileño de Televisión Digital Terrestre, es un estándar técnico para transmisión de TDT, basado en el estándar Japonés ISDB-T, lanzado en una operación comercial el 2 de diciembre de 2007, en São Paulo, Brasil.

conocemos (tanto en AM como en FM) puede sufrir alteraciones en el transcurso de su ruta hasta el receptor. Sin embargo la radiodifusión digital tiene una capacidad de eludir estas interferencias [14].

Comparando la calidad de audio, para el caso de las estaciones digitales que operen en la banda de la actual AM la calidad que se obtiene es similar a las actuales estaciones de frecuencia modulada, y en el caso de las estaciones digitales que operen en la banda de la actual FM la calidad es semejante a la de un CD.

En algunos casos según el estándar que se emplee, durante el tiempo de transición se transmiten señales analógicas y digitales en el mismo canal, permitiendo la recepción del programa tanto para los actuales receptores analógicos como para los digitales de una manera híbrida.

2.3. Las ventajas y nuevas facilidades de la radio digital respecto a la radio analógica

Las ventajas y facilidades que presta la implementación de los sistemas de RDT frente a los sistemas tradicionales analógicos, son varias, pero podemos resumir las principales de la siguiente manera:

Con la tecnología analógica terrenal por cada canal de radiofrecuencia se dispone de un solo programa de radio o televisión. Además, si este programa se difunde nacionalmente, compartirá un gran número de canales de radiofrecuencia para evitar la interferencia cocanal en localidades próximas. Con tecnología digital terrenal el aprovechamiento del espectro radioeléctrico es óptimo, ya que permite multiprogramación, emisión de varios programas por un canal de radiofrecuencia, es decir existe la posibilidad de aumentar la oferta de programas, quizás lo más importante, se pueden realizar redes de frecuencia única (SFN) y redes de frecuencia múltiple (MFN) [15].

La transmisión con técnicas analógicas tradicionales sufre problemas de degradación de la señal, que va acumulando ruidos y distorsiones en cada una de las etapas por las que va pasando. Con el empleo de técnicas digitales se dispone de una mayor calidad en el audio

ya que el sistema es inmune a las interferencias y ecos, la calidad es uniforme en toda el área de cobertura, el audio no tiene ruido y el sonido posee una muy buena calidad. La señal sufre menos degradaciones, ya que se incorporan métodos de corrección de errores para corregir las distorsiones que puedan alterar la información. De esta forma, la información digital es fácilmente transportable y puede almacenarse, utilizando además menor espacio, lo que se traduce a mayor calidad de recepción fija y móvil [9].

Con la radio digital prácticamente no existe estática pues el procesamiento que realiza cada receptor “inteligente” de radio permite filtrar las señales indeseables. Cabe recordar que un receptor analógico “no inteligente” no puede diferenciar entre la información útil y el ruido inútil, lo cual es el principal causal de estática.

Una de las principales ventajas de la RDT es la flexibilidad en el uso del canal radioeléctrico. La compresión digital de señales permite transmitir, a igual resolución, varios canales digitales en el mismo ancho de banda ocupado por un canal analógico. Como los datos digitales ocupan menos espacio, por ese mismo ancho de banda se pueden enviar 3, 5, o más señales, dependiendo del estándar elegido, la regulación de cada país y la calidad de la transmisión. Además, la radiodifusión digital requiere una menor separación entre canales. Esto presenta una serie de ventajas respecto a la radiodifusión analógica en cuanto a número de programas vs. Calidad [9] [15].

La radiodifusión digital facilita la interoperabilidad con las aplicaciones y equipos de telecomunicaciones y la industria informática, lo que permite por ejemplo desplegar servicios interactivos y de información sobre la plataforma de radiodifusión. Esta característica les permite a los receptores actuar como pequeñas computadoras que pueden manipular la información, y esto afecta no sólo al sonido sino a todos los datos que el radiodifusor quiera enviar para dar un servicio de valor añadido. Dentro de estos servicios que nos ofrecerá la radio digital hay que mencionar: la mensajería (paging), información de tráfico y navegación, información relacionada con los programas que se emitan, bancos de datos específicos (estadísticas, noticias temáticas etc.), información meteorológica, títulos de las canciones, letra de las mismas, datos bursátiles, etc. [9]

La RDT al igual que la TDT, permite la programación nacional, regional y local, dotada de versatilidad y flexibilidad de uso. Este tipo de radio y televisión posibilita tres tipos de recepción: [9]

- **Recepción fija** a la manera tradicional a través de las actuales antenas colectivas;
- **Recepción portátil**, en cualquier lugar de una edificación sin necesidad de que el receptor esté conectado a una toma fija, lo que se conoce como "plug free" y
- **Recepción móvil** en equipos receptores instalados en vehículos en movimiento.

En conclusión, las técnicas digitales mejoran la calidad de transmisión y recepción, permiten el desarrollo de nuevas técnicas de producción, un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico y ofrecen una mayor variedad de servicios que las técnicas analógicas.

2.4. Características generales de la RDT

2.4.1. Servicios de audio

La mejora en la calidad de audio es quizá el punto más notorio por parte de los radio escuchas, los receptores de radio digital proporcionan una calidad de sonido significativamente superior a la de los radios analógicos tradicionales, de la misma manera que los CD's suenan mejor que los LP's. Otra característica de la RDT, es que permite nuevos servicios auxiliares tales como canales múltiples de programación de audio, servicios de audio a petición, y funciones interactivas.

2.4.2. Servicios de datos

A más del servicio de audio digital propio de la RDT, se pueden ofrecer los servicios que se enuncian a continuación:

2.4.2.1. Información del programa de audio

Los receptores de Radio Digital de la primera generación apoyan el despliegue del texto “ID3 Tag Data”², como por ejemplo el título y artista de una canción, nombre del álbum, género e información promocional varia.

Dependiendo del tipo de codificador a usar, se puede transmitir datos asociados al programa denominado en algunos sistemas como PAD³. Este es un conjunto de datos que se transmiten junto a los datos digitalizados de audio. Esta información, está estrechamente relacionada con el programa de audio, la cual puede tratarse de la letra de las canciones, títulos, autores, etc. Esta información, está estrechamente relacionada con el programa de audio, la cual puede tratarse de la letra de las canciones, títulos, autores, etc. [15]

2.4.2.2. Servicios suplementarios

Los sistemas de radiodifusión digital, pueden ofrecer otros tipos de servicios, que pueden estar asociados a otros servicios o pueden ser independientes. Estos pueden ser, la información del tipo de programa transmitido, como noticias, deportes, etc., así como también mensajes de tráfico para el viajero, información meteorológica, información turística, servicios de emergencia, noticias electrónicas, contenido multimedia, etc. [15]

2.4.2.3. Acceso condicional

Los sistemas de la Radio digital incluyen funciones para brindar servicios a usuarios determinados. Este tipo de servicio es solo para algunos usuarios que lo contraten, consta de tres funciones principales; la encriptación/desencriptación, chequeo de autorización y gestión de autorización.

La función de la encriptación/desencriptación es hacer que el servicio sea incomprensible a los usuarios no autorizados. El chequeo de autorización en radiodifusión consiste en obtener las condiciones necesarias para acceder a un servicio. La función de manejo de autorización es la de distribuir las autorizaciones a los receptores [14].

² **ID3 Tag data:** Es un bloque pequeño de información añadido al final del archivo, conteniendo los campos de longitud y arreglo para: Álbum, artista, título, género y comentario.

³ **PAD.-** Program Associated Data, es un conjunto de datos que se transmiten junto a los datos digitalizados de audio.

2.4.3. Capacidad de almacenamiento

Conlleva a tener, la capacidad de “rebobinar” programas de audio o grabar bloques de programación para reproducirse más tarde. Para hacer uso de este servicio, los programas serían almacenados dentro del receptor para ser reproducidos posteriormente.

2.4.4. Disponibilidad del servicio

Uno de los ejes principales en la implementación de sistemas de radiodifusión digital es sin duda la disponibilidad del servicio, pues de nada servirían muchos otros beneficios de la RDT si el radioescucha no puede gozar de ellos siempre que lo desee. Entre las técnicas posibles para incrementar la disponibilidad del servicio se incluyen la diversidad temporal, la diversidad frecuencial y la diversidad espacial en el receptor, además de la utilización de repetidores terrestres para cubrir las zonas de sombra [15].

2.4.4.1. Diversidad temporal

Consiste en repetir los mismos datos en periodos de tiempos diferentes, esto se logra con un codificador convolucional y un barajador (multiplexor para efectos prácticos).

2.4.4.2. Diversidad frecuencial

Se divide la señal en dos, cuya frecuencia es diferente, por consiguiente se transmiten simultáneamente y en recepción se minimizan los efectos del desvanecimiento utilizando la señal con mejor calidad.

2.4.4.3. Diversidad espacial

Consiste en la habilitación de dos trayectos radioeléctricos, disponiendo de dos antenas receptoras separadas verticalmente algunas decenas de longitudes de onda, de forma que la señal emitida por un único transmisor se reciba por dos caminos distintos en dos receptores separados.

2.4.5. Eficacia espectral

Como producto de las modulaciones utilizadas en la RDT, se tendrá un mejor uso del espectro electromagnético, además se logrará la provisión de servicios de múltiples programas dentro de una banda continua, también la capacidad de implantar redes de frecuencia única (SFN, Single Frequency Networks), que permiten acceder al mismo servicio sintonizando la misma frecuencia en toda la zona de cobertura (nacional, regional, etc.). Esto proporciona una mayor comodidad para el radioescucha, además de un considerable ahorro espectral pues para evitar la interferencia cocanal, con estas nuevas técnicas que permite la RDT, ya no hace falta considerar las distintas señales de una misma fuente provenientes de repetidores en zonas distantes [14].

2.4.6. Mejor calidad de recepción

La Radio Digital mejora la recepción del sonido porque se superan los efectos que la propagación multitrayecto, debida a edificios o montañas, produce en los aparatos receptores estacionarios, portátiles y móviles, protegiendo la información de interferencias. Estas mejoras se consiguen mediante la transmisión con modulación COFDM (Código Ortogonal Frequency División Múltiple), que utiliza un sistema para distribuir la información entre muchas frecuencias portadoras [15].

2.4.7. Calidad del sonido en la RDT

Los sistemas más avanzados de codificación de audio poseen una más baja tasa de datos para lograr la misma calidad de servicio, sin embargo esto produce una complejidad mayor, lo cual a su vez conlleva un aumento en el retraso de la codificación/decodificación. Existen medidas cuantitativas como la relación señal a ruido (SNR), respuesta de frecuencia o distorsión, que se usan como referentes para determinar la calidad del audio, mas estas medidas no pueden totalmente describir la calidad de un sistema de compresión de audio. Las pruebas subjetivas que se efectúan con radioescuchas son la única manera de evaluar dichos sistemas pero desafortunadamente por la naturaleza de la percepción humana, algunos materiales se escucharan bien para algunas personas y para otras no tanto.

Hay nuevos métodos de medida de percepción que usan modelos de psicoacústica⁴, mas dichos métodos aun no resultan tan confiables como las pruebas subjetivas [14].

Las pruebas subjetivas para radioescuchas han sido dirigidas por varias organizaciones en un esfuerzo para cuantificar la reducción de la tasa de datos para una buena calidad de audio. Mientras que las pruebas muestran claramente que las más avanzadas técnicas de codificación de audio producen una reducción significativa en la tasa de datos, no hay todavía una conjetura global acerca de qué tasa de datos es necesaria para proporcionar una buena calidad audio.

En los inicios de los años noventa, la ITU produjo recomendaciones la BS.774⁵ y la BO.789⁶, definiendo los requisitos para el servicio de radio digital en los receptores vehiculares, portátiles y fijos que usan transmisiones terrestres en las bandas de VHF/UHF así como para el servicio de sonido pero usando transmisión satelital en el rango de frecuencia de 1400 - 2700 MHz. En los sistemas de Radiodifusión Digital se espera obtener una calidad de sonido superior a los receptores fijos de FM, debido a esto los objetivos de calidad están en el rango desde grado 3 para un simple sistema monofónico en la escala de 1 al 5 de la ITU-R, hasta el grado 4.5 para un sistema digital avanzado [15].

2.4.7.1. Niveles de calidad de audio

La UIT recomendó que los sistemas de radiodifusión digital para los receptores vehiculares, portátiles y fijos, deben ser capaces de proporcionar un sonido estereofónico de alta calidad de dos o más canales con calidad subjetiva e indistinguible similar a la de los grabadores digitales de alta calidad como son los CD's.

⁴ **Psicoacústica.-** estudia la compresión sonora, tales como la amplitud, ecualización y acústica. También estudia la relación entre la sensación percibida por un sonido determinado y los parámetros de éste: sonoridad, altura, timbre, etc.

⁵**BS.774.-** Necesidades del servicio relativo a la radiodifusión sonora digital para receptores a bordo de vehículos, portátiles y fijos, mediante transmisores terrenales, en las bandas de ondas métricas y decimétricas.

⁶**BO.789.-** Necesidades del servicio de radiodifusión sonora digital para receptores de vehículos, portátiles y fijos del servicio de radiodifusión (sonora) por satélite en la gama de frecuencias 1400-2700 MHz.

2.4.7.2. Señales de control de sonido

A lo largo de una transmisión típica, en la RDT es necesario transmitir información de control sobre la representación de niveles de calidad de sonido (sonoridad, rango dinámico de compresión etc.). [14]

2.5. Sistema básico de radiodifusión digital

En las **Figuras 1 y 2**, se muestra un diagrama básico, de los bloques que conforman la sala de producción (estudio) y la sala de transmisión, asumiendo que estos se encuentran distantes, como es el caso de la mayoría de las estaciones que por cuestiones geográficas para una mejor transmisión ubican sus estaciones o salas de transmisión en puntos elevados (montañas, colinas, rascacielos, etc.), distantes de la sala de producción. En el caso en que la parte de producción y la de transmisión no estén geográficamente distantes, en los diagramas simplemente se deben suprimir los dos equipos de enlace digital, con sus respectivas antenas, es decir el flujo de información que sale del Servidor Digital de Contenidos entraría directamente al Generador Digital RDT.

Es importante recalcar que en los diagramas de bloques de las **Figuras 1 y 2**, se considera un sistema de RDT puramente digital, es decir que no permite el sistema de transmisión híbrido (analógico-digital), este sistema de transmisión híbrido será posteriormente abordado con detenimiento (bajo los lineamientos del estándar DRM), pues consiste el punto focal del presente tema de tesis.

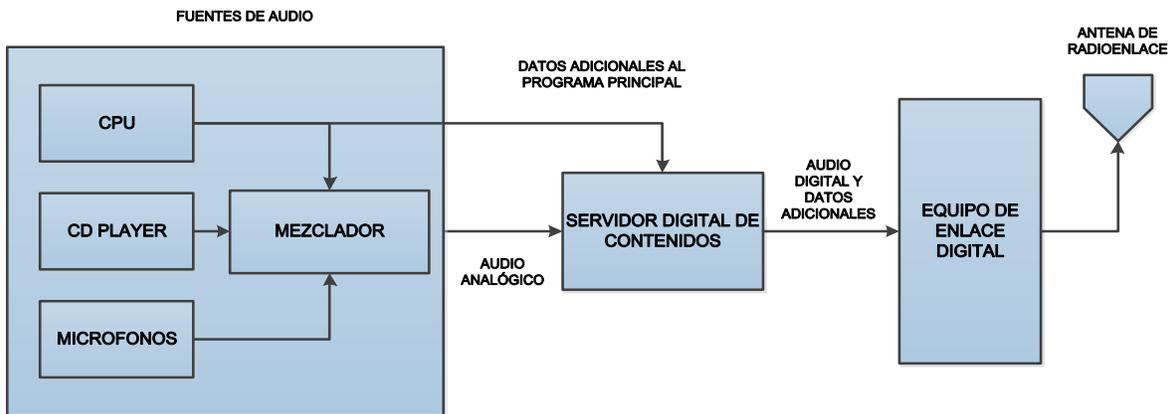


Figura 1. Sistema básico de la sala de producción de un sistema de RDT.

Fuente: (Propia)

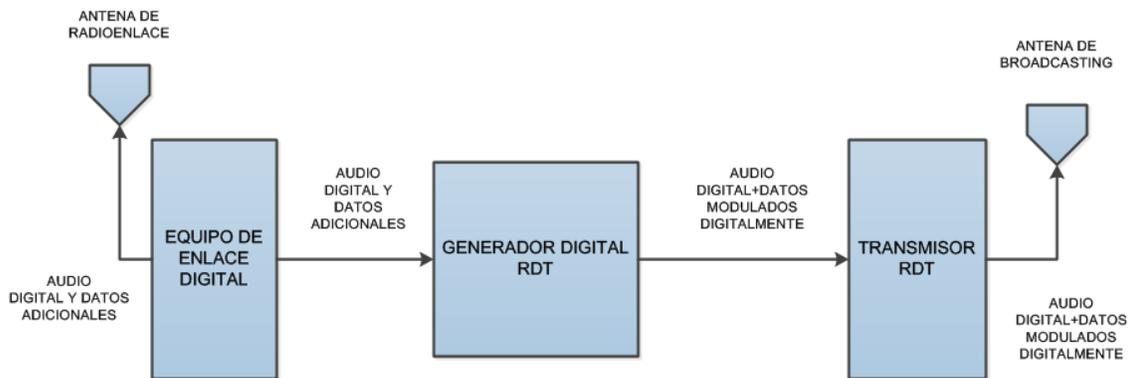


Figura 2. Sistema básico de la sala de transmisión de un sistema de RDT.

Fuente: (Propia)

2.5.1. Servidor de contenidos

Este elemento básico de un sistema de RDT, se muestra en la **Figura 1**, se lo puede definir como un sistema de radiodifusión fiable y robusto, que proporciona al operador todas las funcionalidades que ofrece la RDT, y todas las interfaces para una integración sin problemas con el actual entorno de servicios de radiodifusión (conexiones, puertos, etc.)

La función principal del Servidor de Contenidos es multiplexar la señal digital de audio, proveniente de un mezclador, con la señal que posee los datos que forman parte de los servicios adicionales, este método de multiplexado es propio de cada tecnología empleada (DAB, IBOC, DRM, etc.)

2.5.2. Enlace Digital RDT

Los equipos de Enlace Digital RDT son los encargados de proporcionar un programa bidireccional transportando audio combinado con otro tipo de tráfico como datos, en este caso los datos corresponden a las características opcionales propias del sistema elegido (DAB, IBOC, DRM, etc.).

Los equipos de Enlace Digital RDT, son los equipos que comunican la sala de producción con la sala de transmisión, en el caso donde estas se encuentran distantes geográficamente, estos equipos se muestran tanto en la **Figura 1** como en la **Figura 2**.

2.5.3. Generador Digital RDT

La función del Generador Digital RDT o también llamado modulador RDT, es convertir la señal digital que posee de forma multiplexada el audio como también los servicios adicionales; y que es producida por el servidor de contenidos, y transmitida mediante los equipos de Enlace Digital RDT; a la señal COFDM la cual será modulada (en amplitud y fase) en el transmisor con otra señal de mayor frecuencia.

2.5.4. Transmisor RDT

Constituye el punto final de los equipos de alta frecuencia, en el caso de los sistemas de RDT, este equipo por lo general tiene integrados los módulos de amplificación, los cuales pueden añadirse según los requerimientos de potencia. Este equipo, mediante un acoplador o distribuidor, se une al sistema radiante, cuyo ancho de banda debe estar acorde a los requerimientos de cada sistema (DAB, IBOC, DRM, etc.), ya que cada uno posee requerimientos de ancho de banda específicos según la transmisión sea en la banda de AM, OC o FM.

2.6. Sistema y estándar IBOC (In Band On Channel)

IBOC (in-band on-channel) o canal dentro de banda es un sistema estandarizado de broadcast digital desarrollado por iBiquity Digital Corporation. Generalmente también se lo llama HD Radio, para ser más precisos vale recalcar que HD Radio® es la marca registrada de iBiquity Digital Corporation, que incluye lógicamente al estándar IBOC, para su tecnología de radiodifusión digital sonora ó broadcast digital de audio. Esta tecnología fue autorizada en 2002 por la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) como método de difusión de radio digital para los Estados Unidos. Por razones prácticas en el presente trabajo se mencionará indistintamente tanto de HD Radio® como el estándar IBOC, para referirnos a todo el sistema de RDT que funciona bajos los lineamientos de esta tecnología. Este sistema de radiodifusión posibilita la transmisión híbrida de las señales digitales simultáneamente con las analógicas; y, permite hacerlo en la misma banda de frecuencia de las radios actuales tanto en AM (530-1710) kHz como en FM (88-108) MHz, por lo que no es necesaria la utilización de una banda especial del espectro; estas dos características constituyen sus principales ventajas.

IBOC es un sistema de banda estrecha diseñado para permitir la implementación de la radio digital en dos fases. La primera es una fase híbrida, que complementa la señal de radio analógica AM o FM con una señal digital y las transporta juntas, esto se conoce como simulcast⁷. La segunda es una fase puramente digital, en la que se remueve la señal analógica y la señal digital es reconfigurada para perfeccionar la desigualdad del sistema y aumentar al máximo las áreas de cobertura. IBOC tiene dos variantes del sistema, IBOC-AM para el uso en la banda de MF e IBOC-FM para el uso en la banda VHF. Las características técnicas del IBOC permiten elevar la calidad de la señal en AM equiparándola a la actual transmisión de FM y la de la actual FM a una calidad de Compact Disc [9].

El diseño del sistema IBOC permite a las estaciones aumentar al máximo el uso de la infraestructura existente para minimizar los costos actuales y desde una perspectiva del

⁷ **Simulcast.**- (Transmisión Simultánea, contracción de Simultaneous Broadcast), es la transmisión simultánea de la misma información a través de más de un medio o a la transmisión simultánea de más de un servicio en el mismo medio.

consumidor, permite una migración progresiva del mundo análogo al digital. El diseño de sus receptores evita los fracasos de recepción abruptos común en los sistemas digitales al límite del área cobertura.

A diferencia de DAB y DRM, iniciativas de radios públicas europeas, el sistema IBOC fue una iniciativa de las radios privadas norteamericanas. Los propietarios de iBiquity Digital Corporation, incluyen 15 de las 20 cadenas de radiodifusión más importantes de los EE.UU. Los fabricantes de equipos de transmisión o recepción tienen que pagar una licencia a iBiquity Digital Corporation, para incorporar su tecnología; de igual manera, las emisoras tienen que comprar licencias para hacer uso del software especializado para esta tecnología, y cualquier desarrollo futuro del sistema será controlado por iBiquity Digital Corporation [14].

2.6.1. Sistema IBOC en el mundo

EL sistema IBOC es el estándar adoptado oficialmente por los Estados Unidos, unas 1.700 emisoras transmiten en modo híbrido en ese país, a esta iniciativa se han sumado países como: Brasil, Filipinas, México, Jamaica, Tailandia, Ucrania, Vietnam, entre otros [15].

2.7. Sistema y estándar DAB (Digital Audio Broadcasting ó EUREKA-147)

Su desarrollo empezó en Europa bajo el programa de innovación tecnológica EUREKA-147⁸, en el que participaron múltiples radiodifusores, empresas fabricantes de equipos de electrónica de consumo e institutos tecnológicos y universidades. En 1995, el organismo ETSI (European Telecommunications Standard Institute) aceptó las bases tecnológicas del sistema y con ello comenzó su desarrollo e implantación como una alternativa con considerables ventajas en cuanto a la calidad del sonido reproducido y servicios añadidos a la radiodifusión clásica basada en la modulación de FM [16].

La característica principal de este sistema, que pasa a ser también su mayor inconveniente, es que se utiliza frecuencias distintas a las actuales. Con la implementación del nuevo

⁸ **EUREKA-147.-** Es un formato representado por un consorcio europeo integrado por fabricantes de equipos y radiodifusoras mayoritariamente estatales, cuyo propósito fundamental es crear un estándar para la radiodifusión digital.

sistema, en Europa no se volverán a sintonizar radios en los antiguos diales de AM y FM. El nuevo rango de frecuencias es: (174-230) MHz en la banda III y (1452-1492) MHz en la banda L. Frente a esta desventaja, el DAB supera a todos sus competidores en cuanto a calidad, ofreciendo mayor nitidez en la señal y más inmunidad a las interferencias. La última versión de este sistema es DAB+, que incorpora la codificación del audio en MPEG-4 (AAC) en vez de MP3, como en su primera versión. Esto supone mayor compresión de la señal con mejor calidad. Otra aplicación de la tecnología DAB es la DMB (Digital Multimedia Broadcasting), sistema para transmitir video, audio y datos a teléfonos celulares.

La tecnología DAB puede operar ya sea vía terrestre (DAB-T) como vía satelital (DAB-S) o por cable, el sistema encapsula toda la información en una trama denominada “trama DAB”.

El estándar DAB realiza una multiplexación de datos y audio, esta señal se la denomina multiplex, consta de canales de datos y canales de audio comprimido, que luego pueden o no ser encriptados, a estos canales se les agrega protección contra errores por codificación convolucional y entrelazado en el tiempo, luego estos servicios son sincronizados y enviados a la radiodifusión utilizando COFDM, teniendo así uno de los mejores mecanismos de protección contra los efectos negativos de la propagación multitrayecto de las ondas [14].

2.7.1. Sistema DAB en el mundo

Este sistema comenzó a operar en Inglaterra, Suecia y Alemania desde 1995. En la actualidad este sistema se ha extendido hacia muchos países especialmente en Europa y algunos países del continente asiático. La tecnología DAB está en investigación por países sudamericanos como Argentina, México y Brasil como una nueva opción por el gran congestionamiento en el espectro que han sufrido las principales ciudades y capitales de estos países. Aunque DAB es el sistema de radiodifusión digital terrestre más desarrollado, solo dos países, el Reino Unido y Corea del Sur, tienen un número considerable de receptores.

2.8. Sistema y estándar DRM (Digital Radio Mondiale)

Digital Radio Mondiale, que en español sería Radio Digital Mundial, se formó en 1998 por un consorcio del mismo nombre, en 2004 se unieron a esta iniciativa alrededor de 80 empresas, como radiodifusoras, fabricantes, reguladores, operadores de telecomunicaciones, etc. En el 2002 la ITU aprueba el DRM para Onda Media y Onda Larga en regiones 1 y 3, en Enero del 2003 la IEC⁹ adopta DRM (IEC 62272-1) y se emiten pruebas con el apoyo de más de 65 Radiodifusoras de Onda Larga y Onda Corta [14].

En la última versión de este estándar que es DRM+, se puede operar también en el rango de frecuencias destinado a radiodifusión FM, al igual que en el sistema IBOC y a diferencia del DAB. Con la tecnología DRM se podrá mantener las frecuencias actuales tanto en AM, OC y FM, pudiendo operar en modo híbrido en cada uno de esos rangos. Estas dos características antes mencionadas, sumadas a la ventaja de no ser un sistema cuyo empleo requiera pago de licencias, constituyen las principales razones por las que se ha elegido el estándar DRM para el presente trabajo.

El presente trabajo de tesis se basa en este estándar para diseñar el sistema de radiodifusión digital para Radio Universitaria 98.5 FM, por tal motivo es necesario revisar en profundidad el mismo, es así que el siguiente capítulo se ha destinado para el análisis de todos los parámetros técnicos del estándar DRM.

2.8.1. Sistema DRM en el mundo

Las principales emisoras que utilizan DRM son emisoras internacionales en onda corta e incluyen Vatican Radio, BBC World Service, Deutschlandradio, HCJB, Radio Canada International, Deutsche Welle, Radio Netherlands, Radio Telefís Éireann (Irlanda), Radio Exterior de España, Rai (Italia) y Radio New Zealand International. El Reino Unido está estudiando la posibilidad de introducir DRM en onda media en 2012 y la BBC ha realizado pruebas con una radio local en Devon, Inglaterra [15].

⁹ IEC.- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI o IEC por sus siglas en inglés, International Electrotechnical Commission) es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.

3. SISTEMA Y ESTÁNDAR DRM

3.1. Introducción

El sistema de radiodifusión DRM fue diseñado por el Consorcio DRM como un reemplazo digital de alta calidad para las transmisiones analógicas de AM (MF) y FM (VHF) actuales; como tal, puede ser operado con la misma canalización y asignaciones de espectro que se emplean en la actualidad en estos sistemas analógicos. En la **Figura 3**, se muestra una visión general de las bandas de frecuencia en que opera DRM [17].

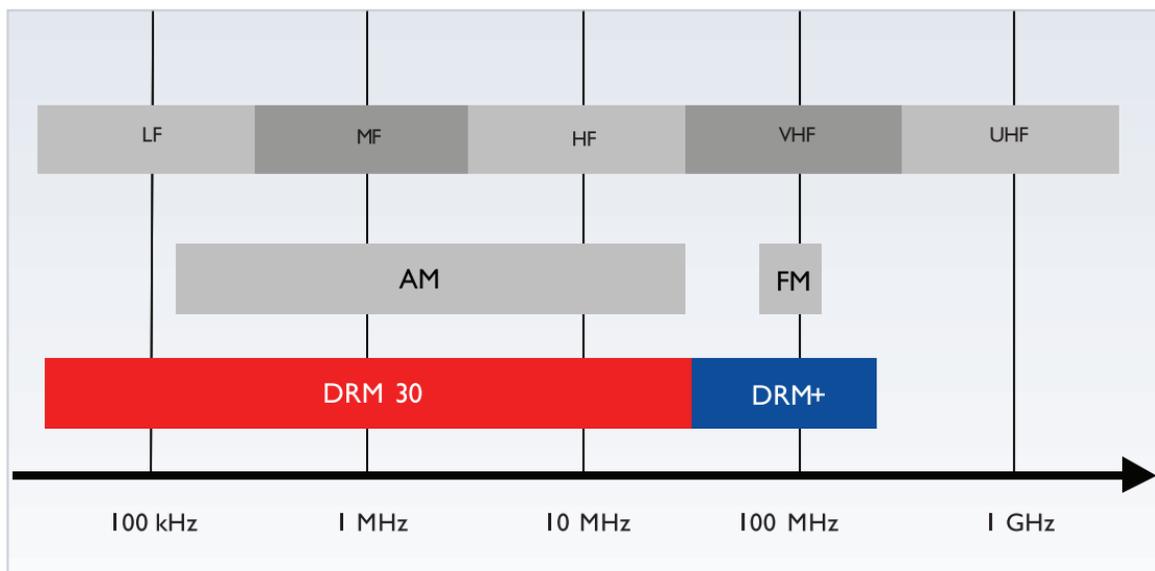


Figura 3. Bandas de uso del sistema DRM.

Fuente: [17]

Como se observa en la **Figura 3**, el sistema DRM puede operar en varias bandas del espectro radioeléctrico, estos tipos de operación pueden ser divididos en dos grupos [17]:

- **Modos DRM30:** Denominados como modos de transmisión A, B, C, y D, son aquellos que fueron diseñados específicamente para la radiodifusión por debajo de los 30 MHz, es decir en las bandas en las que se emplea la modulación en amplitud (AM): onda larga (LW, 150 kHz a 529 kHz), onda media (MW, 530 kHz a 1710 kHz) y onda corta (SW, 1711 kHz a 30 MHz).

- **Modos DRM+:** El modo E está diseñado para permitir la radiodifusión en las bandas de 30 MHz a 174 MHz, donde se incluye la banda de FM (Banda II de VHF, 87 MHz a 108 MHz).

Sumada a la característica de poder adaptarse a los requerimientos espectrales actuales, DRM también tiene la ventaja de ser un sistema abierto es decir que su implementación y operación no requiere el pago de licencias, a diferencia de por ejemplo IBOC el cual es un sistema propietario, esto último posibilita que todos los organismos interesados tengan acceso libre a todas las normas técnicas que incorpora este sistema, dándoles así la capacidad de diseñar y fabricar equipos sobre una base equitativa, esto como un mecanismo importante para asegurar la constante mejora del sistema y la rápida reducción en los precios de los equipos diseñados.

Desde un punto de vista técnico, una característica fundamental y revolucionaria de DRM es la posibilidad de elegir entre una gama de modos de transmisión. Esto permite que los radiodifusores puedan modificar, según sus requerimientos, parámetros como la velocidad de bits (bit-rate), la robustez de la señal, potencia de transmisión, cobertura, etc. Estos ajustes pueden realizarse de forma dinámica, en respuesta a los cambios locales en el medio ambiente, sin molestar a la audiencia. Un problema clásico que puede ser mitigado mediante esta característica es la interferencia nocturna por refracción ionosférica que afecta a las bandas MF y HF, rango en el que por ejemplo se encuentra la banda de AM. DRM es el único sistema de radio digital que abarca todas las bandas de frecuencias de radio utilizadas actualmente es decir tanto AM (LW, MW, SW) como FM (Banda II); proporcionando un reemplazo ideal para los servicios analógicos existentes. [17]

El sistema DRM, ha sido diseñado para utilizarlo con cualquier frecuencia en las bandas de ondas métricas (VHF) y en las bandas de LF, MF, HF, con restricciones de canalización y condiciones de propagación variables en estas bandas. Para satisfacer estas restricciones de funcionamiento, se dispone de diferentes modos de transmisión. Un modo de transmisión queda definido por los parámetros de transmisión clasificados en dos tipos:

- parámetros relativos a la anchura de banda de la señal;
- parámetros relativos a la eficacia de la transmisión.

El primer tipo de parámetro define el valor total de la anchura de banda de la frecuencia para una transmisión. Los parámetros relacionados con la eficacia permiten llegar a una solución de compromiso entre la capacidad (velocidad binaria útil) y la robustez frente al ruido, el multitrayecto y el efecto Doppler.

3.2. Origen del sistema DRM

El Consorcio DRM es una organización sin fines de lucro compuesta por radiodifusores, proveedores de red, fabricantes de transmisores y receptores, universidades, sociedades de radiodifusores e institutos de investigación, que tiene como objetivo apoyar y difundir un sistema de radiodifusión digital terrestre (RDT), apropiado para su uso en las bandas actuales de frecuencia utilizadas para la radiodifusión terrestre de audio. Hasta 2013 existían más de 100 miembros y 90 partidarios de 40 países activos dentro del Consorcio DRM [17] [18].

El consorcio DRM se formó en Guangzhou, China, en 1997; el objetivo inicial fue el de digitalizar las bandas de radiodifusión por debajo de los 30 MHz (Onda larga, media y corta). Así, en septiembre de 2001, el ETSI publicó la primera especificación técnica del sistema para la radiodifusión por debajo de los 30 MHz, denominado DRM30; y para agosto de 2009 ETSI aprobó y publicó la primera especificación técnica del estándar DRM+, para radiodifusión sobre los 30 MHz hasta los 174 MHz [18] [19].

Durante el 2001, la ITU aceptó al sistema DRM30, publicando la recomendación ITU-R BS.1514 [20]; en marzo de 2003, fue definido como estándar internacional por la IEC [21], y en junio del mismo año, durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, organizada por la ITU, se realizó la primera transmisión comercial diaria utilizando el estándar DRM. Para entonces, el estándar cubría la radiodifusión en el rango de AM, en las bandas de onda larga, onda media y onda corta, excepto las bandas de la zona tropical (2300 kHz a 5060 kHz), las cuales fueron cubiertas en 2007 cuando la ITU aceptó el uso de DRM30 en dichas bandas; en este mismo año la IEC aceptó y publicó la segunda parte del estándar [22]. Así DRM se convirtió en el único estándar de radio digital aceptado para transmisiones en todas las bandas de radiodifusión de onda corta.

En marzo de 2005, el Consorcio DRM tomó la decisión de extender el estándar DRM30 para incorporar los modos de transmisión necesarios para operar en las bandas de radiodifusión de VHF (conocidos como DRM+), y así, después de varias pruebas de laboratorio y de campo para perfeccionar dichos modos, en 2009 la ETSI publicó la primera especificación extendida del sistema DRM bajo el nombre ETSI ES 201 980 v3.1.1, la segunda publicación se realizaría en enero de 2014 bajo el nombre ETSI ES 201 980 v4.1.1 [19] [23].

Actualmente, en el 2014, existen aproximadamente 119 emisiones DRM alrededor del mundo, con un total de 450 horas diarias de transmisión. En países como Alemania, Reino Unido, Francia, Italia, Brasil, Rusia, China entre otros, se están realizando pruebas de campo para analizar su posible adopción [18] [23].

En cuanto al mercado de los receptores se refiere; existen receptores domésticos de marcas como por ejemplo: Chengdu NewStar Electronic, Frontier Silicon, Uniwave Di-Wave 100, Himalaya DRM 2009, TechniSat MultyRadio, que soportan todos los servicios de datos DRM30 así como la recepción analógica y digital; existen receptores para automóviles como por ejemplo Starwaves Car Box, el cual permite la recepción analógica y digital; y, también existe software para permitir la recepción en computadoras como por ejemplo: DRM+ Test Receiver, Dream DRM Software, NTi Rudolf IIIe Nachrichtentechnik, WinRadio Communications [18].

3.3. Ventajas y servicios de DRM

Como ya se ha mencionado, las principales ventajas del sistema DRM son tres: la capacidad de usar la misma asignación espectral de los sistemas de radiodifusión actuales, no ser un sistema que requiera el pago de licencias, ser el único sistema que permite la radiodifusión en todas las bandas de AM (LW, MW, SW) y también en la banda de FM, pero aparte de estas características sobresalientes, existen otras puntuales como las que se mencionan a continuación [17] [23]:

- Superior calidad de audio tanto en las transmisiones de AM (calidad parecida a la de la FM actual) como en FM (posibilidad de transmitir sonido envolvente, calidad similar a un CD).
- DRM permite la transmisión simultánea de la señal digital y analógica, conocido como simulcast, o también llamado modo híbrido.
- En la banda de FM, DRM+ ofrece la posibilidad de transmitir hasta 4 programaciones diferentes dentro de un mismo canal de transmisión.
- Reduce considerablemente el consumo de potencia durante la transmisión (aproximadamente 40% o 50%), ya que la transmisión de la señal digital se hace con menor potencia para obtener la misma zona de cobertura.
- Es un sistema que está diseñado para complementar y trabajar de forma simultánea con otros estándares. Gracias a la Señalización de Frecuencia Alternativa (AFS, Alternative Frequency Signalling) (ver sección 3.5.7), cuando se sintoniza un programa en DRM, el receptor puede buscar programas de contenido similar en otros sistemas (DAB, AM o FM), o dentro de las mismas transmisiones DRM; esto con la finalidad, de cambiar de radioemisora inmediatamente en el caso que la señal sintonizada pierda calidad, para así evitar problemas en la recepción.
- DRM permite el uso de redes de frecuencia única (SFN), lo que permite un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, así como mejorar la recepción en zonas de sombra.
- En la banda de FM, DRM+ posibilita el envío de información adicional como:
 - Información de identificación del servicio como: tipo de programa, idioma y país de origen.
 - Guía de Programación Electrónica (EPG, Electronic Program Guide): permite al usuario saber el tipo de programas que serán transmitidos, fecha y horario, así como el establecer recordatorios.
 - Journaline: Es un servicio de información que permite al usuario seleccionar los temas de su interés de una lista de posibles temas. La información que se presenta al usuario puede tener referencias geográficas, es decir, que vaya de acuerdo al lugar donde se encuentra.

- MOT Slideshow: Permite el envío de animaciones e imágenes relacionadas o no con los programas.
- Canal de Mensajes de Tráfico (TMC, Traffic Message Channel): Su principal objetivo es, como su nombre lo indica, ofrecer al usuario información de tráfico en tiempo real.

3.4. Servicios de datos

En este apartado se sintetizan los diferentes elementos que conforman la señal DRM, técnicamente denominados como “contenido”; estos elementos incluyen los siguientes tipos de información:

- Metadatos obligatorios, son datos esenciales en el sistema DRM. Los dos mejores ejemplos de esto son todos los datos transportados por los canales FAC y SDC (estos canales se abordan, en la sección 3.5.1).
- Servicios de datos o de valor agregado que los radiodifusores pueden o no incluir en la transmisión. Servicios informativos por ejemplo.
- El contenido de audio.

3.4.1. Metadatos obligatorios

A continuación se abordan todos los datos cuya inclusión en la señal DRM se vuelve obligatoria [17] [23]:

- 1. Identificador del servicio:** Este identificador es asignado a cada programa DRM, el mismo es único a nivel mundial; su función es la de permitir el funcionamiento de la Señalización de Frecuencia Alternativa (AFS, sección 3.5.7) y permitir al receptor encontrar e identificar el programa seleccionado por el usuario, aun cuando la frecuencia cambie (en el caso del uso de las MFN, sección 3.5.5).
El identificador de servicio es generalmente asignado por las autoridades de cada país que adopte el sistema DRM, y es utilizado únicamente por el receptor de forma

interna, el radioescucha selecciona un programa por el nombre del programa que aparece en la pantalla de su receptor.

- 2. Etiqueta del servicio:** Como se mencionó en el numeral anterior, el usuario selecciona la programación de su gusto mediante el nombre del programa, el cual se muestra gracias a la etiqueta de servicio, esta es la herramienta primaria del radioescucha para la identificación y selección del programa. La etiqueta del servicio DRM puede contener cualquier carácter de la escritura mundial, con un máximo de 16 caracteres, uno de los usos más prácticos que se le podría dar a esta etiqueta, es que las estaciones que sean más conocidas por su frecuencia de transmisión, puedan enviar esta información como parte de la señal DRM.

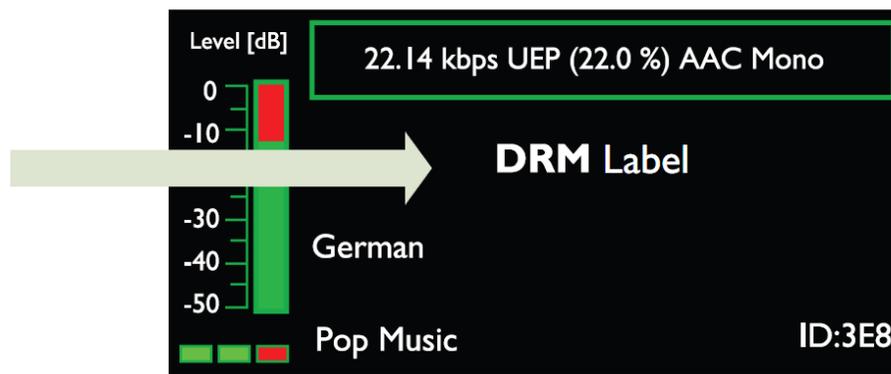


Figura 4. Etiqueta del servicio.

Fuente: [17]

- 3. Tipo de programa:**

La selección de un programa puede realizarse por el tipo de programa, por ejemplo: noticias, música rock o drama, etc. La **Figura 4** muestra por ejemplo una emisora que está transmitiendo “Pop Music” y en la **Figura 5** se muestra la leyenda “Finance/Busines”, esta leyenda haría referencia a una emisora en la que se están tratando temas como por ejemplo información de la bolsa de valores o de las cotizaciones de las diferentes divisas. DRM soporta la señalización opcional de 29 tipos de programas para los servicios de audio.

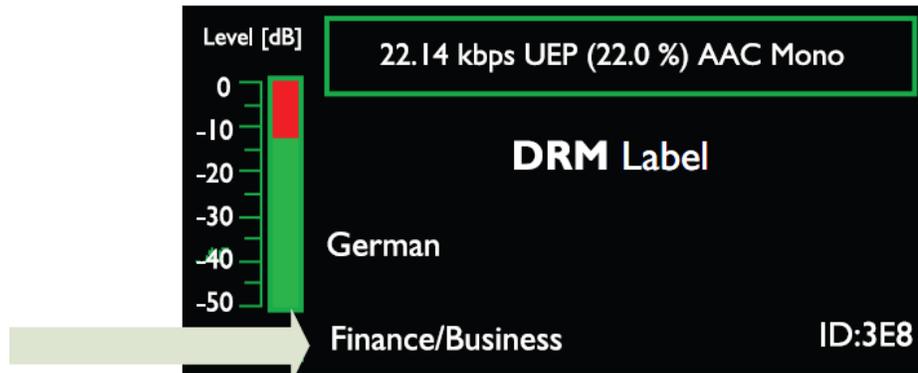


Figura 5. Tipo de programa.
Fuente: [17]

4. **Idioma del servicio:** El oyente puede ser capaz de seleccionar el idioma de los programas que quiere recibir en la radio. En las regiones con muchos idiomas, esto puede ser útil para evitar la sintonización de los servicios que no son entendibles por el usuario o no son simplemente de su gusto. DRM soporta la señalización opcional de todos los idiomas en todo el mundo mediante el uso de sus respectivos códigos establecidos por la ISO.

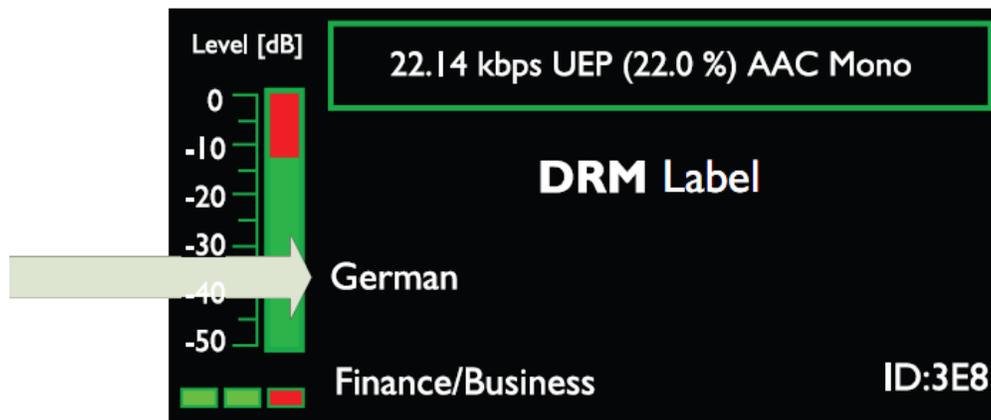


Figura 6. Idioma del servicio.
Fuente: [17]

5. **País de origen:** En la transmisión puede opcionalmente indicarse el país de origen de un servicio DRM particular. Esta información se refiere al sitio donde se encuentra el estudio, no el transmisor. De esta manera un receptor puede permitir al oyente buscar programas procedentes de un país en particular, por ejemplo, para

identificar fácilmente el programa nacional de noticias mientras está de vacaciones. Todos los países de todo el mundo pueden señalizarse con sus respectivos códigos establecidos por la ISO.

3.4.2. Servicios de valor agregado

El sistema DRM permite un gran número de aplicaciones usando datos. Estas aplicaciones pueden ir desde un simple servicio de texto con baja velocidad de bits que acompaña al audio transmitido, hasta permitir el uso de toda la capacidad del canal de servicio principal (MSC) para servicios de datos de tipo multimedia. En general, las aplicaciones de texto simples pueden ser usadas para transmitir datos asociados a un programa, tales como noticias, deportes y servicios de información meteorológica, junto con el servicio de audio principal.

Los servicios multimedia más complejos pueden incluir tanto texto como imágenes, aunque en el caso de DRM30, debido a que tiene velocidades de transmisión menores, la cantidad de datos que se pueden enviar, así como sus actualizaciones, se ve restringida. Por esta razón, es recomendable que en cualquiera de los modos dentro de DRM30, los servicios de texto ocupen únicamente de 2 Kbps a 4Kbps de la capacidad del MSC ya que la mayoría de su capacidad será utilizada por los servicios de audio.

Dentro de los servicios de valor agregado se encuentran los siguientes [17] [23]:

- 1. Mensajes de texto DRM:** DRM ofrece a los radiodifusores la capacidad de enviar una secuencia de mensajes de texto cortos¹⁰ de hasta 128 caracteres de longitud como máximo. El servicio de mensajes de texto DRM, admite todos los tipos de escritura del mundo, a través de codificación UTF-8¹¹, con 1 a 4 bytes para codificar un carácter (de un total de 128 bytes disponibles por mensaje). Estos mensajes están

¹⁰ El mensaje de texto es una parte básica de DRM y consume sólo 80 bps en los modos de robustez A, B, C y D y 320 bps en modo de robustez E. Esta capacidad puede ser ahorrada si el proveedor de servicios no utiliza la mensajería de texto.

¹¹ **UTF-8.**- (8-bit Unicode Transformation Format) es un formato de codificación de caracteres Unicode e ISO 10646 utilizando símbolos de longitud variable. UTF-8 fue creado por Robert C. Pike y Kenneth L. Thompson.

siempre asociados al programa de audio (título de la canción actual, nombre del artista, nombre del programa, noticias de la estación, etc.)

El momento de actualización en la pantalla del receptor es controlado por el radiodifusor; por lo tanto, se debe respetar un retraso mínimo de 10 a 20 segundos entre cada actualización, esto con el fin de no incomodar al oyente, o en el caso de receptores vehiculares por ejemplo, para reducir la distracción mientras están conduciendo.

- 2. Servicio de información de texto Journaline:** Este es un servicio de información basado en texto que puede ser manejado como un servicio asociado a un programa de audio o como servicio independiente. En este caso, el usuario tiene acceso a una lista de varios temas, de la cual el usuario selecciona los temas de su interés. La estructura del servicio y los elementos de información que se muestran al usuario están definidos completamente por el radiodifusor, y la información se presenta como páginas de texto, listas y/o tablas o mensajes. En total, un servicio de Journaline puede estar compuesto por más de 65000 páginas individuales, cada una conteniendo hasta 4 Kbytes de contenido textual.

En operación, Journaline puede trabajar con velocidades de transmisión muy bajas, de hasta 200 bps.

- 3. EPG¹² (Electronic Program Guide):** Esta es una guía digital de la programación disponible; el contenido es generalmente desplegado en la pantalla del receptor, en la cual; mediante el uso de un control remoto, un teclado u otros dispositivos de entrada del receptor; se puede navegar, seleccionar y descubrir el contenido mediante el horario, título, canal, género, etc.

Además, la EPG permite también la grabación de los programas de interés, ya sea por medio del receptor DRM, o mediante un grabador digital.

- 4. Slideshow:** El contenido de este servicio puede estar compuesto de manera tal que se le presente al usuario información útil cada vez que este mire la pantalla del

¹² También es denominada como IPG (Interactive Programme Guide) o ESG (Electronic Service Guide).

receptor. Generalmente se transmite información relacionada con el programa (portadas de discos, logotipo de programa, fotografía del presentador, mapas, fotografías, imágenes relacionadas con noticias, etc.), aunque también es posible enviar información totalmente independiente del servicio de audio (alertas de clima, marcadores deportivos, anuncios, etc.)

La capacidad de canal requerida para este servicio no debe ser menor a 4 kbps, por lo que los modos DRM30 de doble canal de ancho de banda y DRM+ son los modos que ofrecen las mejores condiciones para agregar este servicio.

- 5. TMC (Traffic Message Channel):** En español canal de mensajes de tráfico, es un servicio utilizado típicamente por los radiodifusores para enviar informes del tráfico en tiempo real.

Esta información puede ser entregada al usuario de diferentes formas, la más general es a través de un sistema de navegación que pueda ofrecer una guía dinámica a lo largo de la ruta, alertando al conductor sobre los problemas en la ruta planeada y calculando una ruta alternativa para evitar los incidentes.

3.5. Componentes principales del sistema DRM

En el presente apartado se resumen las principales características técnicas que conforman el sistema DRM y que intervienen durante la generación de la señal digital. Primeramente se abordan los tres canales lógicos de información con los que dispone el sistema para transportar los datos en función del tipo de información del que se trate, posteriormente se presentan los métodos de codificación de audio con los que se cuentan, los criterios de uso de cada uno, la calidad de audio que soportan y sus velocidades de transmisión.

Posteriormente se explica cuáles son los métodos de modulación y codificación de canal de la información. En este caso, DRM cuenta con 5 modos de robustez (4 para DRM30 y 1 para DRM+), los cuales, gracias a que utilizan diferentes constelaciones para la modulación, anchos de banda, y niveles de robustez; se adaptan a diferentes condiciones de transmisión dependiendo de la banda de frecuencias que se esté utilizando para la

radiodifusión y del entorno en el que se realice. Luego se muestra la distribución de los datos de los tres diferentes canales a lo largo de la trama de transmisión conocida como multiplex, tanto para DRM30, como para DRM+.

Luego se abordan las características que permiten al sistema DRM utilizar las redes de frecuencia única (SFN) y las redes de frecuencia múltiple (MFN), sus ventajas y detalles de diseño. Posteriormente, se presenta la característica simulcast del sistema, que permite la coexistencia híbrida de la señal digital con las transmisiones analógicas actuales; se presentan también todas las características relacionadas con el espectro de la señal, los canales de transmisión utilizados, anchos de banda de las señales y máscaras de transmisión.

Finalmente se explica el funcionamiento de la opción de señalización de frecuencia alternativa (AFS), la misma que permite la re-sintonización del receptor no solo a otras frecuencias DRM, sino también a servicios de AM, FM o incluso del sistema DAB europeo.

3.5.1. Codificación y multiplexación de contenidos

Tanto la función de codificación de fuente como la multiplexación, se encuentran integradas en el Servidor de Contenidos, mostrado en la figura siguiente.

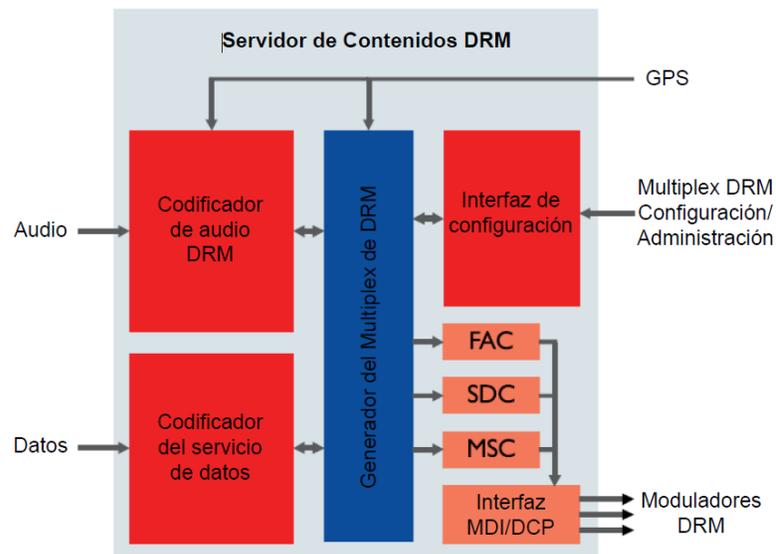


Figura 7. Diagrama del servidor de contenidos DRM.

Fuente: [23]

Dejando a un lado las interfaces de control y mando local, hay dos clases básicas de información de entrada que se muestran en la figura anterior, estos dos tipos básicos de información son [17] [23]:

1. El audio y los datos que serán transmitidos a través del Canal de Servicio Principal (MSC, Main Service Channel).

a. **Canal de Servicio Principal (MSC):** constituye la información útil arrojada por el multiplexor, esta información puede contener hasta 4 servicios ya sea de audio o de datos, la velocidad de este canal depende del ancho de banda y del modo de transmisión.

2. La información que viaja a través del Canal de Acceso Rápido (FAC) y a través del Canal de Descripción de Servicio (SDC). Estos canales comunican información de identificación, del o los servicios, e información de selección de los parámetros de transmisión, también son encargados de asegurarse de que los parámetros de decodificación adecuados se seleccionen correctamente en el receptor

a. **Canal de Acceso Rápido (FAC):** brinda la información necesaria para un escaneo rápido de la información y posibilitar de esta manera una sintonización en menor

tiempo. Contiene parámetros de configuración de la transmisión (ancho de banda, tipo de modulación, número de servicios, etc.) que permiten la demodulación de la señal DRM en el receptor, y también los parámetros del servicio (identificador del servicio, identificador corto, acceso condicional, idioma, etc.)

- b. Canal de Descripción del Servicio (SDC):** Posee los datos necesarios para la decodificación del MSC, los atributos de los servicios contenidos en el multiplex, e información como acceso condicional, información de frecuencia y de horario de frecuencia (estos dos datos últimos son necesarios para posibilitar la búsqueda de fuentes alternativas del mismo programa), soporte de anuncios, identificación de la región de cobertura, información de fecha y hora, etc.

Una vez que el servidor de contenidos recibe todos los dos tipos de datos antes mencionados, estos deben ser codificados para poder convertirlos a un formato digital apto para su transmisión. Es así como para la codificación de fuente se utilizan tres códecs: AAC, CELP y HVXC.

3.5.1.1. Codificación de fuente

El sistema DRM utiliza de forma básica 3 códecs (AAC, CELP, HVXC) pertenecientes al estándar MPEG4, como se muestra en la **Figura 8**; AAC brinda la mayor calidad de audio así como la más alta velocidad de transmisión, mientras que CELP y HVXC requieren de una menor velocidad de transmisión (2 kbps con HVXC o 4 kbps para CELP, como mínimo), por lo que están diseñados para codificar únicamente servicios de voz. Conjuntamente con estos tres códec antes mencionados el sistema DRM emplea MPS y PS. El rendimiento de todos estos códecs se puede mejorar mediante el uso de la codificación por Réplica de Banda Espectral (SBR). A continuación se abordan brevemente cada uno de los codificadores antes mencionados [23] [24].

- a. **AAC.-** Advanced Audio Coding, en español Codificación Avanzada de Audio, es un formato informático de señal digital de audio basado en un algoritmo de compresión con pérdida, es decir en este procesamiento se eliminan algunos de los datos de audio para poder obtener el mayor grado de compresión, resultando en un

archivo de salida que suena lo más similar al original. El formato AAC corresponde al estándar internacional “ISO/IEC 13818-7” como una extensión de MPEG-2: un estándar creado por MPEG (Moving Pictures Expert Group). Debido a su excepcional rendimiento y la calidad, la codificación de audio avanzada (AAC) está en el núcleo del MPEG-4, 3GPP y 3GPP2. Protección frente al error para sonido monofónico y estereofónico, considera características mínimas necesarias del oído humano. Bitrate de hasta 72 Kbps estéreo para aplicaciones de voz y música, con frecuencias de muestreo de 24 kHz o 12 kHz sin SBR y 48 kHz o 24 kHz utilizando SBR.

- b. **CELP.**- Code Excited Linear Prediction, en español Predicción Lineal Excitada por Código, es un algoritmo de codificación de voz que proporciona una calidad mucho mejor que los algoritmos codificadores de audio de bajo bit-rate existentes, como la RELP (Predicción Lineal con Excitación Residual) y la LPC (Codificación Lineal Predictiva). Junto con sus variantes, tales como CELP algebraica, CELP relajada, CELP de bajo retardo y CELP de predicción lineal excitada por suma vectorial, es actualmente el algoritmo de codificación más ampliamente usado. También se utiliza en la codificación de voz MPEG-4. CELP se usa comúnmente como un término genérico para una clase de algoritmos y no para un códec determinado. Posee protección frente al error para sonido monofónico y bitrate de 4 a 20 kbps con codificador de tipo paramétrico para aplicaciones de voz solamente.
- c. **HVXC.**- Harmonic Vector Excitation Coding, en español Codificación por Excitación de Vector Armónico, es un algoritmo de codificación de voz para bajos valores de bitrate, especificado en MPEG-4 Parte 3 (MPEG-4 Audio). HVXC soporta velocidades de 2 y 4 kbps en modo fijo y también ofrece un modo de bitrate variable y frecuencia de muestreo de 8 kHz. También opera a valores de bitrate inferiores, tales como 1.2 a 1.7 kbps, utilizando una técnica de tasa de bits variable. Protección frente al error para sonido monofónico y muy baja velocidad de transmisión, óptimo para aplicaciones de base de datos.
- d. **SBR.**- Spectral Band Replication, en español Replicación de Banda Espectral, permite usar todo el ancho de banda de audio a baja velocidad de transmisión, este

método puede aplicarse a todos los códecs anteriores. La técnica consiste en separar las frecuencias altas y las bajas, el códec transmite las frecuencias más bajas, mientras que el SBR reconstruirá las altas frecuencias, a partir de la información proporcionada por el rango de frecuencias ya comprimido por el códec y un pequeño flujo de datos asociado. Esta técnica se basa en que el cerebro humano tiende a considerar las altas frecuencias como un fenómeno armónico asociado a las bajas frecuencias, o simplemente ruido y por tal es menos sensible al contenido exacto de esas señales de audio.

- e. **MPS.-** MPEG Surround, que sería codificación MPEG Envolverte o MPEG Panorámica, está disponible para sonido estéreo y monofónico compatible para codificación multicanal, el estándar de codificación MPS describe las siguientes características:

- Codificación de señales multicanal, basada en una señal downmixed de la señal de multicanal original y asociada con parámetros espaciales, esta ofrece la más baja tasa de datos posible para la codificación de señales multicanal, así como una inherente señal reducida mono o estéreo incluida en el flujo de datos, lo que quiere decir que una señal puede ser expandida a múltiples canales por una muy pequeña sobrecarga de datos.

- Decodificación binaural del flujo de MPEG Envolverte, permitiendo una experiencia de sonido envolvente con auriculares estéreo.

- Un modo matriz mejorado que permite un upmix multicanal de una señal estéreo

- f. **PS.-** Parametric Stereo, en español Estéreo Paramétrico, es una técnica de compresión de audio con pérdida incluida dentro de la especificación MPEG-4 Parte 3 para incrementar aún más la calidad de una señal de audio comprimido, especialmente las codificadas a tasas muy bajas (entre los 16 y 56 kbps, pero sobre todo las menores a 48 kbps). Es usado para mejor rendimiento a baja tasa de bits de sonido estéreo, se usa sobre la configuración AAC + SBR, la idea es enviar la información estéreo junto con la información monofónica, la información estéreo debe ser muy concisa de tal manera que requiera una pequeña fracción de velocidad binaria permitiendo tener a la señal monofónica la mayor calidad posible. Este

códec si bien almacena las señales de audio como un archivo monoaural, en el momento de reproducción logra regenerar ambos canales de sonido con una precisión relativamente alta (en particular en los ficheros codificados a tasas de bits muy bajas, en el rango situado entre los 24 y 48 kbps).

En el caso de DRM+ se utiliza el mismo esquema de multiplexación y señalamiento que DRM30, el mismo diseño de COFDM pero con nuevos parámetros, modulación de portadoras 16-QAM o 64-QAM y los mismos códecs de audio. Tiene un ancho de banda de 100 kHz y es capaz de proveer bitrates desde 35 kbps hasta 185 kbps con relaciones de señal a ruido o SNR desde 2dB a 14 dB y permite hasta 4 servicios. Por este motivo se considera una solución flexible para transmitir una cantidad pequeña de servicios de audio simultáneamente [25].

En las **Figuras 8 y 9** podemos ver el diagrama de bloques que concentra el proceso de codificación de fuente con los diferentes modos y bloques de compresión.

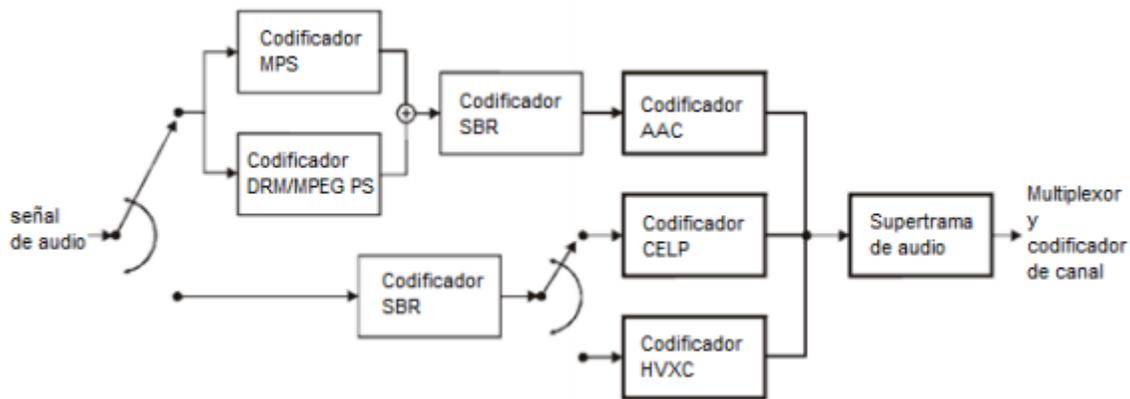


Figura 8. Codificación de fuente de audio DRM.
Fuente: [26]

Como cada codificador de audio requiere de velocidades de transmisión específicas, no todos los códecs pueden utilizarse para todos los modos. En la figura siguiente se ilustra la operación de los tres códecs básicos (AAC, CELP, HVXC) de acuerdo a la capacidad de transmisión de los modos DRM más comunes.

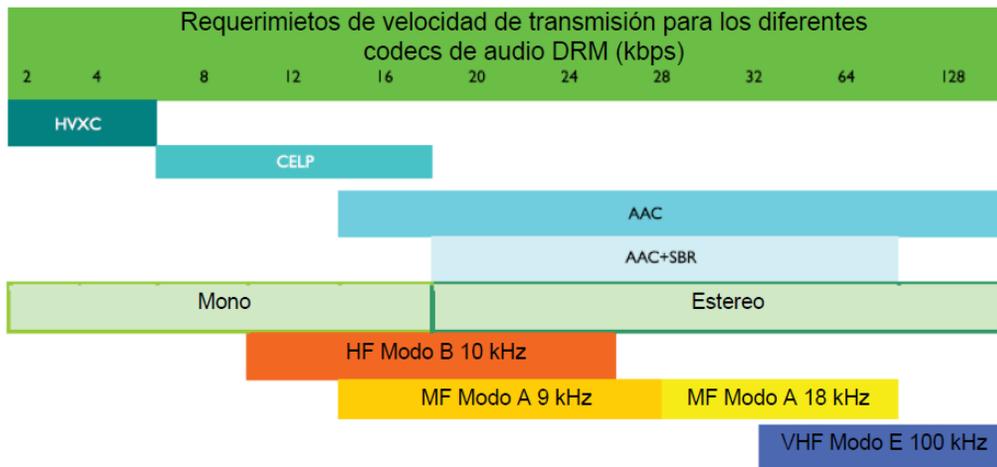


Figura 9. Opciones de codificación de audio.

Fuente: [23]

Para permitir que el audio, los datos asociados al servicio y los parámetros asociados a la transmisión puedan ser generados desde las cabinas de audio y luego enviados al sitio de transmisión sin necesidad de utilizar un gran ancho de banda, DRM ha especificado un método eficiente para unir todos estos datos en un solo flujo (multiplex) conocido como Interfaz de Distribución del Multiplex (MDI) y el Protocolo de Comunicaciones y Distribución (DCP) [17] [23].

3.5.2. Codificación de canal y modulación DRM

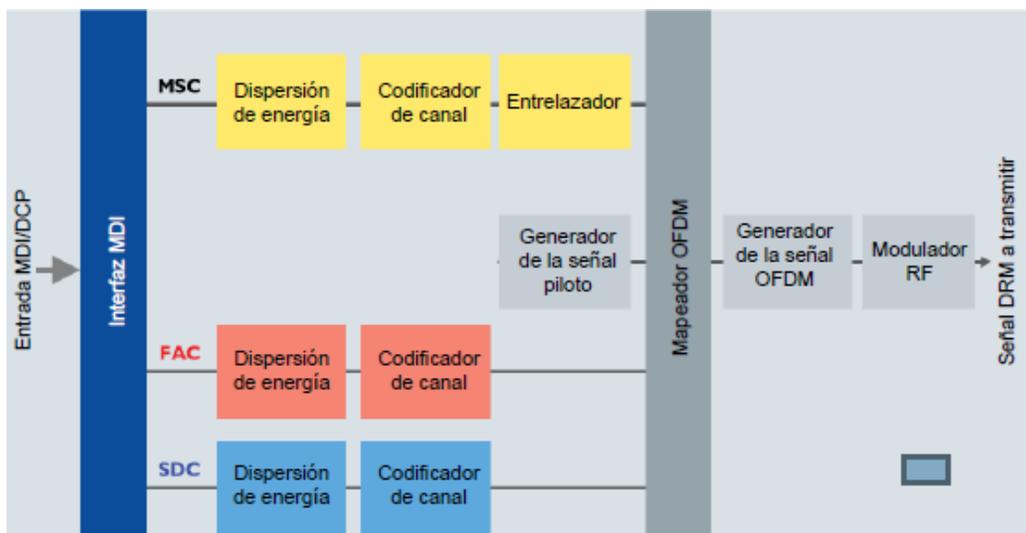


Figura 10. Diagrama de bloques de un modulador DRM.

Fuente: [23]

En la figura anterior se muestra un diagrama de bloques simplificado de un modulador DRM, cuyas funciones se abordan brevemente a continuación [23]:

- En la etapa de dispersión de energía se aleatorizan los bits, esto para reducir la periodicidad indeseada en la señal transmitida.
- El codificador de canal añade ordenadamente, bits de redundancia a la información para proveer una herramienta de protección y corrección de errores; además, define el mapeo de la información digitalmente codificada en símbolos QAM, que posteriormente serán enviados al transmisor para su modulación.
- El entrelazador reordena la secuencia de bits de la señal, esto para revolver la información y que la reconstrucción final en el receptor se encuentre menos afectada por los desvanecimientos, que pudiera ocasionar el canal de transmisión.
- El generador de la señal piloto agrega portadoras de referencia (de amplitud y fase definidas), las mismas que permiten al receptor obtener la información de equalización de canal y poder de esta manera realizar una demodulación correcta de la señal.
- El mapeador OFDM junta todos los símbolos QAM generados en los 3 canales (MSC, FAC y SDC) y los ordena dentro de sus respectivas sub portadoras, dentro de la señal OFDM.

3.5.2.1. Codificación de canal

El esquema de codificación/modulación utilizado por el sistema DRM es Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia Codificada (COFDM), el cual combina la modulación OFDM con la codificación de nivel múltiple, que está basada en la codificación convolucional, y provee protección contra errores [17].

- COFDM es una técnica compleja de modulación de banda ancha utilizada para transmitir información digital a través de un canal de comunicaciones, que combina potentes métodos de codificación más el entrelazado para la corrección de errores en el receptor. Este sistema de modulación digital parte del principio de transmitir los datos en paralelo, al multiplexar por división de frecuencia, la información se

divide entre las distintas subportadoras en que queda repartido el espectro del canal en el que se está transmitiendo. El inconveniente con esta técnica es que al utilizar un número elevado de subcanales, necesita de un complejo procesamiento matemático. Éste es el motivo por el que, a pesar de ser una tecnología desarrollada hace bastante tiempo, no se ha podido generalizar su uso hasta crear chips que realicen de forma eficiente FFT's (Transformada rápida de Fourier), gracias a la que se puede generar y después recuperar en el receptor, mediante la IFFT (Transformada rápida de Fourier inversa), la información transmitida [27].

Una cualidad del sistema DRM es que posibilita asignar distintos niveles de protección dentro del mismo multiplex, esto se conoce como Protección Desproporcional contra Errores (UEP, Unequal Error Protection) la cual básicamente permite asignar la más alta protección a la información más sensible; y, Protección Proporcional contra Errores (EEP, Equal Error Protection) que no es más que el uso de una sola tasa de código para la codificación convolucional.

Para los canales FAC y SDC se utiliza siempre la EEP, para el canal MSC se puede utilizar la UEP, el audio por ejemplo con un nivel de protección mayor y otros datos no tan importantes (como los datos obligatorios) con un menor nivel de protección. [23].

Para la modulación de cada una de las sub portadoras OFDM se utiliza la Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation), y según la calidad y robustez de la señal que se desee, se empleara un tipo de constelación u otro, para modular la información dentro de las sub portadoras; es así que en el caso de DRM30 se emplea 64QAM (para una gran calidad de audio) y 16QAM (para una señal más robusta pero de menor calidad); y, en el caso de DRM+ se emplea 16QAM y 4QAM [17].

3.5.2.2. Modulación y parámetros de codificación

Una de las grandes ventajas que ofrece el sistema DRM, es que permite modificar los parámetros OFDM de la transmisión para optimizar el funcionamiento del mismo dependiendo de la banda de frecuencias en la que se transmite. Es así como se definen 5 modos de robustez que se muestran la tabla siguiente.

Tabla 9. Modos de robustez del sistema DRM.

Sistema	Modo	Tu [ms]	1/Tu [Hz]	Tg [ms]	Ts [ms]	BW [kHz]	Usos típicos
DRM 30	A	24	41.6667	2.66	26.66	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	LF y MF ondas de superficie, banda de 26 MHz, línea de vista
	B	21.33	46.8823	5.33	26.66	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	HF y MF onda ionosférica
	C	14.66	68.2128	5.33	20	10, 20	Canales complicados por onda de tierra en HF
	D	9.33	107.1811	7.33	16.66	10, 20	Onda de cielo de incidencia casi vertical
DRM +	E	2.25	444.4444	0.25	2.5	100	VHF transmisiones en bandas de 30MHz, hasta la banda III

Fuente: [17] [19]

De la tabla anterior:

Tu: tiempo útil del símbolo [ms].

1/Tu: espaciamiento entre portadoras [Hz].

Tg: duración del intervalo de guarda [ms].

Ts: duración total del símbolo ($T_s = T_u + T_g$) [ms].

BW: opciones de ancho de banda [kHz].

Básicamente cada uno de estos modos se utilizan en las siguientes condiciones [17] [23]:

- El modo A está diseñado para transmitir con la mayor velocidad de datos posible dentro del contexto de la cobertura de onda de superficie y línea de vista. El modo A se emplea básicamente en canales gaussianos con pequeño desvanecimiento.
- El modo B generalmente es la primera opción para los servicios de onda ionosférica. Se usa en canales selectivos en tiempo y frecuencia con dispersión por retardo mayor.
- El modo C se utiliza en situaciones donde las condiciones de propagación son más difíciles, como el caso en el que es necesario cubrir grandes distancias con múltiples

saltos, o incidencia casi vertical, donde puede existir señal reflejada. Se usa en condiciones de propagación como las del modo de robustez B, pero con mayor dispersión por efecto Doppler

- El modo D se utiliza al igual que el modo C, en situaciones donde las condiciones de propagación son más severas. En situaciones como el modo de robustez B, pero con importante retardo y dispersión por efecto Doppler
- El modo E se utiliza para la banda de frecuencia de VHF, para transmisiones específicamente en la Banda II (88-108 MHz). Donde se tiene canales selectivos en tiempo y frecuencia.

En cuanto a la modulación QAM, en los modos del sistema DRM30 se puede elegir ya sea 64QAM o 16QAM para el canal MSC, y esta elección depende principalmente de la Relación Señal a Ruido (SNR) que se alcance en el área deseada. La opción más robusta (16QAM) se elige cuando se espera que la SNR sea demasiado baja para soportar la modulación 64QAM. Para el sistema DRM+, es posible emplear ya sea la modulación 16QAM o 4QAM [23].

3.5.3. Capacidad de transmisión del sistema

Dentro de las limitantes de los parámetros de modulación necesarios para dar la calidad de servicio requerida, las estaciones de radio tienen cierto grado de flexibilidad en la forma en la que se utilizan la capacidad disponible del MSC. Un ejemplo puede ser el caso en el que el radiodifusor desee destinar cierta capacidad del canal para transmitir un servicio de datos junto con el audio, o dividir la capacidad total para proveer más de un servicio de audio. Esta flexibilidad operativa es una de las grandes cualidades del sistema DRM.

Tabla 10. Velocidades de transmisión para cada modo del sistema DRM.

Modo	Modulación del MSC [nQAM]	Nivel de robustez	Ancho de banda nominal de la señal [kHz]						
			4.5	5	9	10	18	20	100
			Velocidad de transmisión [kbps]						
A	64	Min.	14.7	16.7	30.9	34.8	64.3	72.0	
		Max.	9.4	10.6	19.7	22.1	40.9	45.8	
	16	Min.	7.8	8.8	16.4	18.4	34.1	38.2	
		Max.	6.3	7.1	13.1	14.8	27.3	30.5	
B	64	Min.	11.3	13.0	24.1	27.4	49.9	56.1	
		Max.	7.2	8.3	15.3	17.5	31.8	35.8	
	16	Min.	6.0	6.9	12.8	14.6	26.5	29.8	
		Max.	4.8	5.5	10.2	11.6	21.2	23.8	
C	64	Min.				21.6		45.5	
		Max.				13.8		28.9	
	16	Min.				11.5		24.1	
		Max.				9.2		19.3	
D	64	Min.				14.4		30.6	
		Max.				9.1		19.5	
	16	Min.				7.6		16.2	
		Max.				6.1		13.0	
E	16	Min.							186.3
		Max.							99.4
	4	Min.							74.5
		Max.							37.2

Fuente: [17] [23]

En la **Tabla 10** se indica el rango de velocidades de transmisión disponibles para varios niveles de robustez de la señal y anchos de banda del canal. La velocidad mínima de transmisión que permite el sistema DRM es de 4.8 kbps, en la configuración: modo B, 16QAM, robustez máxima, ancho de banda de 4.5 kHz; mientras que la velocidad máxima de transmisión es de 186 kbps en la configuración: modo E, 16QAM, robustez mínima, ancho de banda de 100 kHz [17] [23].

3.5.4. Generación de la trama de radiodifusión

En la **Figura 11** se muestra la estructura de la trama, así como la relación temporal entre los tres tipos básicos de información transmitida. Este orden ha sido diseñado principalmente atendiendo a las necesidades de sintonización, re-sintonización y operaciones de contenido de los receptores [23].

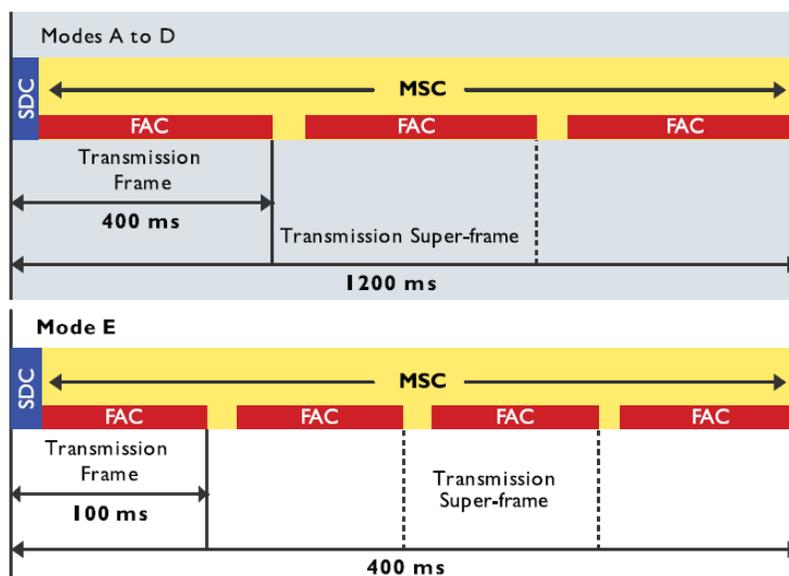


Figura 11. Estructura de la trama DRM30 y DRM+.
Fuente: [17]

Como se puede observar en la figura anterior, la duración de la trama del FAC es de 400 ms en caso del DRM30, o de 100 ms en el caso del DRM+, dependiendo del modo de robustez. Además, a diferencia del MSC y el SDC, la información que lleva el FAC no está entrelazada en tiempo y es mapeada en grupos específicos de sub portadoras OFDM para que el receptor tenga fácil y consecuentemente rápido acceso a los parámetros del canal; requeridos por el receptor para la demodulación del multiplex; y, a los parámetros del servicio, necesarios para un rápido escaneo y sintonización. Otro motivo por el cual el FAC no está entrelazado, es que, al transmitir la señal DRM en un canal diferente al empleado por la señal analógica, la sintonización de las distintas estaciones se realiza por el nombre de las mismas, y debido a que la información del nombre viaja en este canal, es necesario tener un rápido acceso a ella para posibilitar una rápida sintonización [23].

La trama del SDC contiene información de cómo demodular los datos del MSC, cómo encontrar transmisiones alternativas que contengan los mismos datos y da atributos a los servicios que se encuentran dentro del multiplex; se transmite a lo largo de todas las sub portadoras con una duración de dos símbolos al inicio de cada súper trama; esta información normalmente es estática y repetitiva, y es justo esta periodicidad la que permite al receptor el cambio a frecuencias alternativas; dicha periodicidad corresponde a la

longitud de la súper trama de transmisión (1200 o 400 ms), dependiendo del modo DRM que se esté usando [17] [23].

3.5.5. Redes de frecuencia única (SFN) y frecuencia múltiple (MFN)

Una de las características principales del sistema DRM, es la capacidad de ofrecer la operación en redes SFN (Single Frequency Networks), que básicamente es una configuración en la que ciertos transmisores emiten señales DRM idénticas utilizando la misma frecuencia. De forma general estos transmisores tienen un área de cobertura de tal manera que en ciertas zonas, estas se traslapan; en este caso, los receptores recibirán una misma señal proveniente de diferentes transmisores.

Con el fin de asegurar una buena recepción en estas zonas de traslape, es imprescindible garantizar que las señales que se recibe en el equipo receptor, lleguen con una diferencia temporal inferior al intervalo de guarda para de esta manera obtener una interferencia positiva y lograr que las señales se sumen. La principal ventaja al utilizar las SFN es que se pueden cubrir grandes extensiones geográficas, utilizando una sola frecuencia y una red de varios transmisores, esto con la ventaja consecuente de que las estaciones que sean más conocidas por su frecuencia de operación, mantengan la misma frecuencia, en incluso un país entero, más importante que esto último, se vuelve la idea de lograr un uso más eficiente del espectro, al no tener que por ejemplo asignar varias frecuencias a una misma estación que desee cubrir una amplia zona [17].

En lugares donde no sea posible desplegar redes SFN, se pueden utilizar también las MFN; en este tipo de redes, las señales transmitidas también son idénticas, pero la frecuencia empleada en cada transmisor es diferente, de esta manera, cuando se abandona una zona de cobertura y se ingresa en otra, el receptor debe conmutar a otra frecuencia en la que se esté transmitiendo el mismo servicio.

La señal DRM ofrece un breve período durante el cual no se transmiten datos del MSC. Esto no es audible para el oyente, pues los datos son re-programados en el receptor para asegurar la llegada continua de los datos al decodificador de audio. Sin embargo, este período ofrece un corto intervalo de tiempo, durante el cual el receptor puede sintonizar a

una frecuencia alternativa que lleva el mismo programa, con el fin de determinar la calidad de la señal. Si la calidad de la frecuencia alternativa es mejor, el receptor puede cambiar a esta frecuencia, si no se puede volver a la frecuencia original. Sin embargo esta operación sólo funcionará sin problemas si las señales en las frecuencias alternativas se sincronizan con precisión en el receptor. La operación de redes MNF se basa en el uso de la señalización de frecuencia alternativa (AFS), como se describe en la Sección 3.5.7 [17].

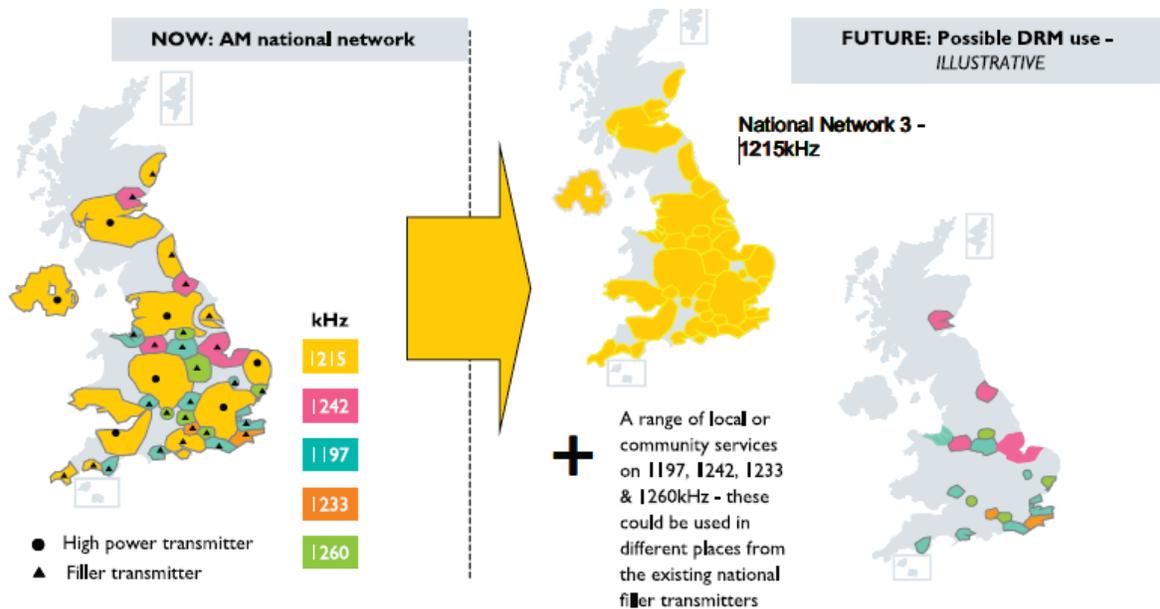


Figura 12. Ejemplo de la potencial optimización del espectro al migrar de un sistema analógico al DRM con una SFN.

Fuente: [17]

Con un cuidadoso diseño y una red de transmisores, con una SFN se puede cubrir un país entero, con una sola frecuencia, en un lugar de varias frecuencias, por lo tanto mejorar de forma excepcional la eficiencia espectral. En la **Figura 12** se ilustra un ejemplo de cómo una estación de radio analógica del Reino Unido, que usaba cinco frecuencias en la banda de AM, para desplegar su red por toda la nación, se pudo migrar a una SFN con el sistema DRM, liberando de este modo cuatro canales para otros servicios en la mayor zona de cobertura en la que antes empleaba cinco frecuencias y ahora emplea solo una, en las demás zonas de menor tamaño se siguen usando frecuencias diferentes.

3.5.6. Simulcast

Entre una de las características que posee el sistema DRM, se tiene la ventaja del Simulcast (contracción de Simultaneous Broadcast, en español sería transmisión simultánea), que en resumidas palabras es una opción que permite a las señales digitales DRM convivir con las transmisiones analógicas actuales; esta característica es realmente útil para permitir una transición digital menos brusca, ya que brinda a los radiodifusores la capacidad de ofrecer servicios tanto para receptores analógicos como para receptores digitales. De esto último, los principales beneficiados son los oyentes, los cuales no se ven forzados a migrar de manera tajante de lo analógico a lo digital, pues al poder seguir recibiendo el servicio de radio analógico, esta migración digital se vuelve más relajada. Sin embargo, los radiodifusores pueden verse limitados al momento de introducir la señal DRM, ya que para poder transmitirla se necesita de un canal de frecuencia adyacente al empleado por la señal analógica y en muchas zonas se vuelve muy complicado solicitar un nuevo canal.

3.5.6.1. Simulcast para DRM30

Para dar solución al problema del uso de los canales de frecuencia, el estándar ETSI TS 102 509 describe, para el sistema DRM30, un modo de simulcast de canal único para canales de 9 kHz o 10 kHz, donde la banda lateral superior es reemplazada con una señal DRM de 4.5 kHz o 5 kHz, en tanto que la banda lateral inferior es procesada para generar una envolvente compuesta que puede ser demodulada por un receptor convencional de AM, esto se muestra en la figura siguiente [23].

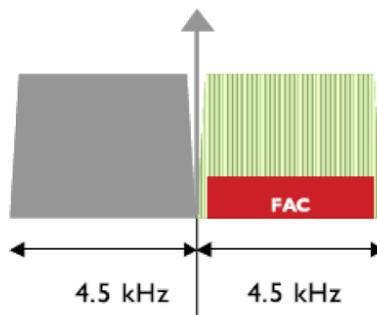


Figura 13. Simulcast de canal único.

Fuente: [23]

Sin embargo, para aprovechar de mejor manera todas las características que permite el sistema DRM, lo más aconsejable es utilizar canales de 18 kHz o 20 kHz o espectro adicional al canal de 9 kHz o 10 kHz asignado (simulcast multicanal o multifrecuencia); de esta manera la señal DRM puede ser transmitida en el canal superior o inferior adyacente y puede ocupar la mitad o la totalidad de la capacidad del mismo, según la opción de ancho de banda seleccionada, como se ejemplifica en la figura siguiente [17] [23].

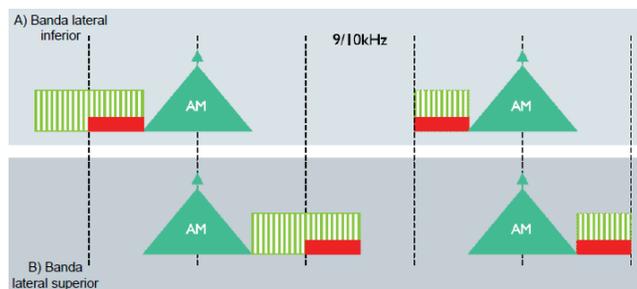


Figura 14. Simulcast multicanal o multifrecuencia.
Fuente: [23]

En cuanto a los niveles de potencia que tiene que respetar la señal digital para no causar interferencia a las transmisiones analógicas, el sistema DRM30 no ha definido una máscara de transmisión; sin embargo, el sistema debe apearse a los lineamientos establecidos por la ITU SM.328¹³ [28] [17], para evitar generar interferencias a los canales adyacentes. Por esta razón, es posible utilizar la máscara definida en la figura siguiente.

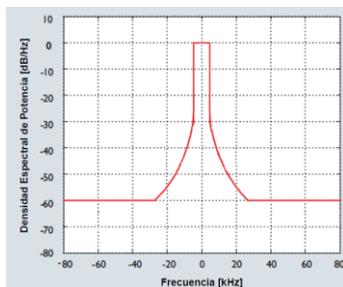


Figura 15. Mascara de transmisión propuesta para DRM30.
Fuente: [23]

En conclusión para obtener una relación satisfactoria entre la transmisión analógica y la transmisión digital, se recomienda que el nivel de potencia de la señal DRM se mantenga

¹³ ITU SM.328.- Recomendación de la ITU SM.328-10, Cuestión UIT-R 76/1, en la que se definen los parámetros técnicos para espectros y anchuras de banda de las emisiones.

alrededor de 14 a 16 dB por debajo del nivel de la portadora analógica adyacente, según la norma de la ITU antes mencionada [17].

3.5.6.2. Simulcast para DRM+

En el sistema DRM+, es decir modo E, se puede colocar la señal DRM muy cerca de la señal FM analógica, y la configuración puede hacerse según el uso actual del espectro; de esta forma si las condiciones regulatorias de un país lo permiten, desde ya se podría comenzar a introducir el sistema DRM en las bandas de frecuencia de FM.

La **Figura 16** muestra como la señal DRM puede ser colocada a la izquierda (o a la derecha) de la señal analógica de FM; y, para asegurar los niveles de protección mínimos así como la calidad de audio de la señal de FM, la distancia entre frecuencias portadoras (Δf) y la diferencia de los niveles de potencia (ΔP) entre ambas señales puede ser establecida de acuerdo a las necesidades del radiodifusor. Es así que un valor de $\Delta f \geq 150$ kHz, es recomendable; mientras que el valor de $\Delta P > 6$ dB, será la diferencia mínima de potencias cuando $\Delta f = 150$ kHz, esto se ejemplifica de mejor manera en la **Figura 16 y 17** [17] [19] [23].

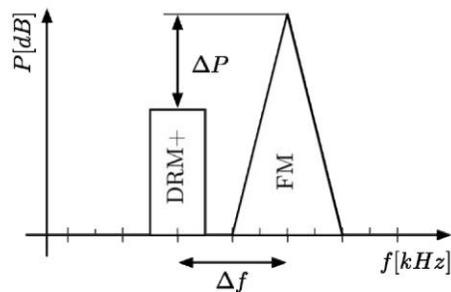


Figura 16. Ejemplo de configuración para el modo de robustez E junto la señal de FM.

Fuente: [19]

En la **Figura 17**, podemos observar como:

- La curva de color negro muestra la máxima relación de potencia en DRM+ que no afectará a la señal analógica más allá de los criterios de protección recomendados.
- La curva azul muestra la relación de potencia mínima para 16QAM DRM+ en presencia de una fuente de interferencia de FM analógica.

- La curva roja muestra la relación de potencia mínima para 4QAM DRM+ en presencia de una fuente de interferencia de FM analógica.

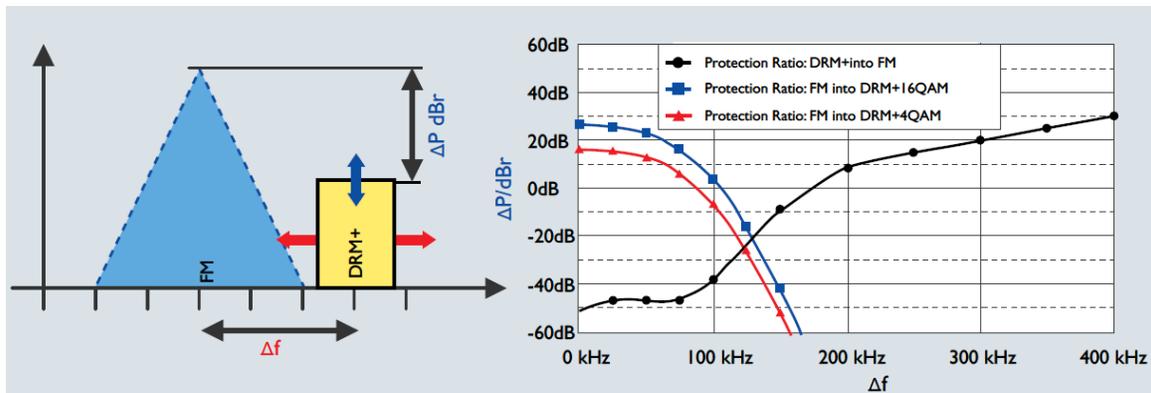


Figura 17. Relación de potencias analógica y digital en simulcast para DRM+.

Fuente: [17]

En el sistema DRM+ son posibles dos configuraciones de transmisión:

- Las señales analógicas y digitales pueden ser combinadas y transmitidas a través de la misma antena; o
- Las dos señales pueden transmitirse usando diferentes antenas.

El sistema también permite diferentes configuraciones para la señal DRM.

- La señal de DRM puede tener el mismo programa que el servicio de FM,
- Un programa diferente o
- El mismo programa y programas adicionales.

Si el mismo programa está disponible a través de DRM y FM, la señalización de AFS se debe enviar en el SDC.

En la **Figura 18** se muestra un ejemplo de una posible configuración que permite el sistema DRM+, en el modo de robustez E. En esta configuración se muestra el caso en el cual se están transmitiendo dos programas diferentes tanto en sistema analógico como a través del sistema digital DRM+ en modo de robustez E.

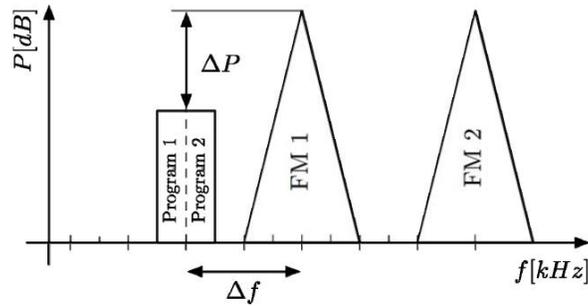


Figura 18. Ejemplo de dos estaciones, FM y DRM+.
Fuente: [19]

Para efectuar las transmisiones bajo el sistema DRM+ en las bandas de frecuencias que actualmente existente, de manera conjunta con otras transmisiones, los niveles de protección y la máscara de transmisión aún no han sido estandarizados por parte de los creadores del sistema, sin embargo, para no causar interferencias en las transmisiones analógicas existentes, se han adoptado los lineamientos técnicos existentes, concretamente se utiliza la máscara definida en la **Figura 19**, la cual se basa en la máscara establecida por la ETSI EN 302 018-1¹⁴ [29] para las transmisiones analógicas de FM [17] [23].

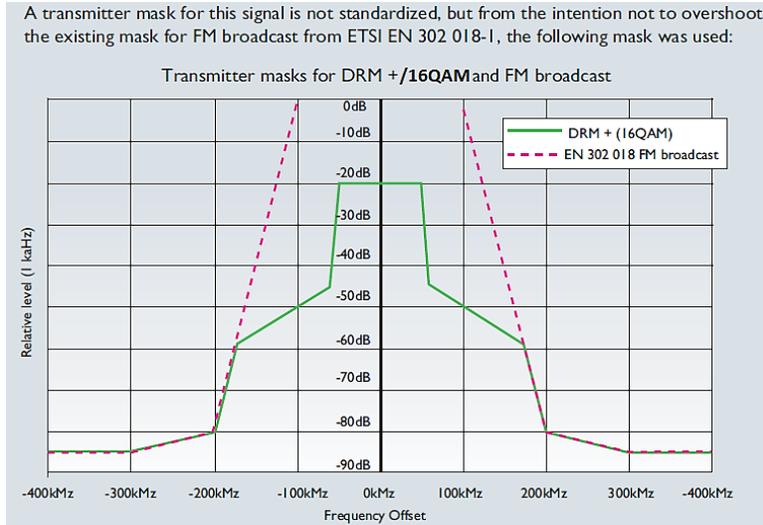


Figura 19. Mascara de transmisión para DRM+ y FM.
Fuente: [30]

Conjuntamente con la **Figura 19**, en la **Tabla 11**, se muestran las máscaras definidas por la ETSI tanto para FM como para DRM+.

¹⁴ ETSI EN 302 018-1.- Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radio (ERM); Equipos de transmisión para el servicio de radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada (FM); Características técnicas y métodos de pruebas.

Tabla 11. Valores de las máscaras de transmisión para FM y DRM+ definidas por ETSI.

Mascara definida por la ETSI para FM		Máscara definida por la ETSI para DRM+		
Offset	rel level (1kHz)	Offset	rel level (1kHz)	Attenuation
-400kHz	-85.0 dB	-400.00kHz	-85.0 dB	-65.0 dB
-300kHz	-85.0 dB	-300.00kHz	-85.0 dB	-65.0 dB
-200kHz	-80.0 dB	-200.00kHz	-80.0 dB	-60.0 dB
-100kHz	0.0 dB	-172.00kHz	-53.0 dB	-39.0 dB
100kHz	0.0 dB	-60.00kHz	-45.0 dB	-25.0 dB
200kHz	-80.0 dB	-50.00kHz	-20.0 dB	0.0 dB
300kHz	-85.0 dB	50.00kHz	-20.0 dB	0.0 dB
400kHz	-85.0 dB	60.00kHz	-45.0 dB	-25.0 dB
		172.00kHz	-59.0 dB	-39.0 dB
		200.kHz	-80.0 dB	-60.0 dB
		300.00kHz	-85.0 dB	-65.0 dB
		400.00kHz	-85.0 dB	-65.0 dB

Fuente: [30]

3.5.7. Señalización de frecuencia alternativa (AFS)

La capacidad que permite el sistema DRM cambiar a frecuencias alternativas forma una parte esencial del mecanismo que posibilita el empleo de las redes MFN. La lista de frecuencias alternativas (AF) es transmitida en el SDC dentro del multiplex DRM y transporta una lista de frecuencias en las que se transmite el mismo programa o programas asociados al que se está escuchando.

La lista de frecuencias alternativas, aparte de identificar las frecuencias de otros servicios DRM, también brinda la información de servicios que no pertenecen a señales DRM (ejemplo AM, FM o DAB) que contengan el mismo programa o algún programa asociado. En función de la cobertura del receptor, este puede ser capaz de cambiar entre estas señales y las señales DRM.

Hay dos modos para realizar el proceso de señalización de frecuencia alternativa AFS, proceso que conlleva también la comprobación y posteriormente el cambio a otra frecuencia [23]:

- **AFS continuo:** En este caso el receptor realiza la re-sintonización sin cortar el audio; para trabajar bajo este modo, es necesario que las redes estén sincronizadas. Además, este modo solo está disponible cuando se hace el cambio entre transmisiones DRM.
- **AFS genérico:** Permite al receptor ser direccionado a otro transmisor que esté transmitiendo el mismo servicio, y este no está restringido a señales DRM únicamente, por lo que al cambiar de un servicio a otro, puede haber cortes en la señal de audio.

La función de la señalización de frecuencia alternativa (AFS), aparte de transmitir la información sobre las frecuencias que en ese instante están transmitiendo un mismo servicio, permite también informar sobre otras frecuencias que contengan el mismo servicio pero que será transmitido en otro horario.

4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM

4.1. Antecedentes

El 23 de marzo del 2010 el entonces Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL), mediante resolución N° 10-54-CONARTEL-0, resuelve autorizar la concesión de frecuencias 790 kHz, en la banda de AM; 98.5 MHz en la banda de FM y la frecuencia de enlace estudio-transmisor en el rango 941-951; de la categoría de servicio público, para operar como matriz en la ciudad de Loja, la misma que se denominará “ESTACIÓN DE RADIO Y TELEVISION UNIVERSITARIA”; a favor de la Universidad Nacional de Loja. El entonces CONARTEL una vez otorgada la concesión, autorizó a la Superintendencia de Telecomunicaciones celebrar el contrato público mediante el cual se autoriza a la UNL para empezar el montaje de las instalaciones radiales y puesta en operación de las mismas, dicho contrato se celebró el 27 de julio del 2000, en la ciudad de Quito, en presencia del representante de la UNL, Dr. Reinaldo Valarezo en su calidad de rector, y el Ing. Hugo Ruiz, entonces Superintendente de Telecomunicaciones, en dicho contrato, cuyo original reposa en la notaria XXI del cantón Quito, entre otros detalles jurídicos, se especifican los parámetros técnicos que debe cumplir la “ESTACIÓN DE RADIO Y TELEVISIÓN UNIVERSITARIA”, los mismos que se abordan en la sección 4.2.

Para efectos prácticos y por el punto focal de esta tesis, que es la radiodifusión sonora, de aquí en adelante se mencionara como “Radio Universitaria 98.5 FM” a la “ESTACIÓN DE RADIO Y TELEVISIÓN UNIVERSITARIA”, abarcando con esto a todo el conglomerado técnico que permite la operación de la estación de radiodifusión de nuestro alma mater.

4.2. Datos técnicos de operación autorizados

En el anexo N° 1 del contrato celebrado, entre el entonces Superintendente de Telecomunicaciones y el entonces Rector de la UNL, se especifican los parámetros técnicos a los que debe regirse la Radio Universitaria 98.5 FM, los mismos que por su importancia han sido transcritos, a las **Tablas 12 y 13**, en función de los documentos oficiales que reposan en la estación.

Tabla 12. Datos técnicos estación Radio Universitaria 98.5 FM.

DATOS TÉCNICOS ESTACIONES DE RADIODIFUSION EN FM			
Contrato de:		Concesión	
1. DATOS GENERALES			
Nombre de la estación:			
Concesionario		Universidad Nacional de Loja	
Representante Legal:		Dr. Reinaldo Valarezo García	
Categoría:		Servicio público	
Área de servicio:		Loja y Catamayo, para una intensidad de campo mínima de 500 $\mu\text{V/m}$ (54 $\text{dB}\mu\text{V/m}$), en el borde del área de cobertura.	
Provincia:		Loja	
Indicativo:		HCUL3	
2. UBICACIÓN Y ALTURAS			
	Latitud	Longitud	Altura
Estudios: Loja, Cdla. Universitaria Guillermo Falconí E.	04°02'17.04"S	79°12'26.26"W	2100 m
Transmisor: Cerro Ventanas	04°01'51.11"S	079°14'39.00"W	2870 m
3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA A EMPLEAR			
Frecuencia de operación:		98.5 MHz	
Tipo de emisión:		200KF8EHN	
P.E.R:		1000 W	
Tipo y forma de antena:		Arreglo de cuatro radiadores	
Polarización:		Circular ¹⁵	
Ángulo de azimut de máxima radiación:		23°	
Ángulo de elevación:		-6.2°	
Marca y tipo de transmisor:		ITELCO ¹⁶	
Excursión máxima de frecuencia:		± 75 kHz	
Tipo de enlace:		Radioeléctrico	
Área de cobertura técnica:		La aprobada por la SUPERTEL de acuerdo al estudio técnico presentado, para una intensidad de campo eléctrico de 500 $\mu\text{V/m}$	

Fuente: [31]

¹⁵ En la actualidad se emplea cuatro dipolos en polarización vertical.

¹⁶ En la actualidad este equipo ha sido reemplazado por los equipos que se indican en la sección 4.9.

Tabla 13. Datos técnicos enlace estudio-transmisor Radio Universitaria 98.5 FM.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE ESTUDIO TRANSMISOR	
Nombre de la estación:	Estación de Radio y TV Universitaria
Frecuencia:	943.25 MHz
Tipo de emisión:	200KF8EHN
Potencia de salida:	5 W
Antena transmisora:	Yagi
Polarización:	Horizontal/Vertical
Azimut de TX:	237°
Equipo de TX:	OMB Modelo MT
Antena receptora:	Yagi
Polarización:	Horizontal/Vertical
Azimut de RX:	57°
Equipo de RX:	OMB Modelo MR
NOTAS	
Las emisiones de la estación radiodifusora no pueden llegar a zonas no autorizadas con una intensidad de campo eléctrico mayor a 30 dB μ V/m.	
El transmisor necesariamente debe estar provisto de los filtros que atenúen las emisiones de la 2da armónica y de las frecuencias no deseadas.	
Área a proteger: la limitada por un nivel de intensidad de campo eléctrico de 500 μ V/m para las emisiones estereofónicas.	

Fuente: [31]

4.3. Equipos con los que cuenta Radio Universitaria 98.5 FM

En base a la investigación in situ realizada, se ha podido hacer el levantamiento de los principales equipos con los que cuenta la Radio Universitaria 98.5 FM, los cuales se listan en la **Tabla 14**.

Se ha considerado mencionar en la **Tabla 14** únicamente los equipos que están en operación actualmente y que están directamente ligados a la operación desde un punto de vista técnico de la estación. Siendo así, se han omitido por ejemplo discos LP, discos compactos, equipo de oficina, etc. Que no son de interés para el presente tema de tesis.

Tabla 14. Equipamiento actual de Radio Universitaria 98.5 FM

CÓDIGO UNL	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	VALOR USD
01106	TORRE metálica de 12m para antena	Estudio	52
16044	TRANSMISOR ESTUDIO Profesional UHF marca DB serial # 01-12653, ajustado a la frecuencia de 943.25 MHz, digital programable, con potencia ajustable de 0 a 8W	Estudio	1255,43
16046	ANTENA: Juego compuesto de 2 unidades que servirán para la transmisión y recepción, ajustadas a la frecuencia de 943.25 MHz de aluminio y resistentes a la corrosión de 12 dB de ganancia.	Estudio	158,86
16055	MICROFONO modelo SHURE SM-58	Estudio	188,75
16064	SYNTHESIZE RECEIVER KV/3B 160-300 MHz, marca DB, serie # 52101170	Estudio	2100
17735	PROCESADOR DE AUDIO Marca OMNIA, modelo 4.5 Stereo Generador 96kHz Sampling Rate Stereo and Bass Enhancement Features, five band limiter, Precise AGC PC, Card Lots SOFTWAREUpdates, Remote control digital y/o automatic, serie # 2001-00008-000; 2 cables de poder, Tarjeta OMNIA	Estudio	7000
20126	RACK para colocar equipos de estudio, confeccionado en hierro y tool, con 4 garruchas, color negro y plomo, de 70x60x60	Estudio	450
21461	CPU DC5800, marca HP, serie # MXJ8420KQV;Procesador Intel Core 2 duo, 3 GHz; Memoria RAM de 4GB; 2 Discos Duros de 1 TB c/u; DVD-Writer Ligth Scribe; Sonido Integrado; Red 10/100 integrada; Lector de tarjetas, Incluye Instalada en el Equipo Licencia Windows Vista, Micrófono, Audífono; Cobertores, Mouse Pad, Supresor de Picos cables y drivers completos.	Estudio	1750
21462	MONITOR LCD DE 19", marca HP, serie # CNC8280M71	Estudio	250
21608	SOFTWARE JAZLER RADIO STAR STUDIO RS1 (VERSION 1.1.9, JUNIO 2008)	Estudio	3385,2
28681	CONSOLA DIGITAL IP Profesional para estudio al aire de 8 canales, 22 entradas, marca AXIA: compuesta por: 1 Panel de control modelo IQ 8F MAIN FRAME, serie 275Q0876; y 1 Panel de conexión modelo IQ CORE serie # 276Q0466. Contiene además 4 entradas de micrófonos, 16 entradas análogas, 8 salidas análogas.	Estudio	11903,07
28692	MICROFONO profesional Dynamic marca ELECTROVOICE modelo RE-20	Estudio	669,31
28693	MICROFONO profesional Dynamic marca ELECTROVOICE modelo RE-20	Estudio	669,31
28694	MICROFONO profesional Dynamic marca ELECTROVOICE modelo RE-20	Estudio	669,31
	Tarjeta de audio DELTA 66 con caja de conexión, tarjeta de audio profesional 4-In/4-Out	Estudio	80
19204	TRANSMISOR de enlace, marca MARTI, modelo SRPT-40, 430-480MHz, con entradas regulares de 4 micrófonos, con energía 110V AC, batería externa 12V DC y potencia regulable de salida de hasta 40W, serie # 106377-1 incluye un Jumper o Cable Marti	Móvil	4361,8
28697	ANTENA YAGI de 6 elementos, marca MARTI, modelo YC-450, frecuencia 475MHz, ganancia de 10dB.	Móvil	703,75

16039	TRANSMISOR: para radio de 1000W, con sistema de alimentación 110/220 V. Banda FM, marca DB desde 88 a 108 MHz, modelo PF 1000/K, compuesto de un excitador modelo de 20 W de salida marca DB; un amplificador modelo KF-1000 de 1100W marca DB; un rack modelo RK-19-9U.	Ventanas	5326,72
16040	ANTENA: Juego compuesto de 4 unidades de 87.5-108 MHz broadband omnidireccional con ganancias de 2.1 dB de alta resistencia, incluye accesorios de sustentación para polarización horizontal o vertical modelo P1-N marca DB	Ventanas	577,72
16041	DISTRIBUIDOR: broadband para 4 antenas, con conector de entrada 7/16 y conector de salida N para una potencia máxima de 300 W, modelo ACS-4/7-16N marca DB.	Ventanas	150,43
16045	RECEPTOR VENTANAS: profesional marca DB serie # 01-B4504, ajustado a la frecuencia de 943.25 MHz, digital programable, squelch ajustable, con 100kHz sep, con conectores de salida BNC señal L+R, IF10, 7	Ventanas	960,43
19205	RECEPTOR de enlace, marca MARTI, modelo SR-40A, banda 450MHz, portátil sistematizado, serie # 106377-2	Ventanas	3712,5
20124	TRANSMISOR de enlace remoto modelo PTRL-NV/HP STUDIO TRANSMITTER LINK 220/240, marca RVR	Ventanas	2715
20125	ANTENA YAGI a la frecuencia de 220-250MHz, ganancia 10dB, incluye 30 metros de cable RGB con 4 conectores AMPHENOL para conexión.	Ventanas	500
28698	ANTENA YAGI de 6 elementos, marca MARTI, modelo YC-450, frecuencia 475MHz, ganancia de 10dB.	Ventanas	703,75
	TORRE metálica de 15m para antena.	Ventanas	52
16042	ESTABILIZADOR: automático de voltaje AROS, serie # 085850159.		1146,43
16047	GENERADOR: Setereo digital para múltiples aplicaciones broadcasting y performances avanzadas con separación stereo 65 dB con rango de 30 a 15 Khz, modelo mozart marca DB serie # M00-08C4		868,43

Fuente: [32]

4.4. Situación actual de la Estación Matriz de Radio Universitaria 98.5 FM

En el diagrama de la **Figura 20** se muestra un esquema básico de los equipos que conforman la estación matriz, o también llamada estudio; estos equipos en conjunto básicamente permiten la producción de los contenidos, así como su transmisión hacia el Cerro Ventanas donde se encuentra la sala de transmisión. De la estación matriz salen dos radioenlaces, el uno es el enlace principal para llevar la señal hacia el Cerro ventanas para su difusión (enlace principal a 943.25 MHz); el otro es un enlace secundario de dos saltos (enlace a 235 MHz) que permite realizar coberturas móviles, en su mayoría de tipo deportivas (sección 4.7 y 4.8). Es importante recalcar que la gran mayoría de los equipos con los que cuenta el estudio, son equipos antiguos y que si bien actualmente están

plenamente operativos, en el proceso de migración hacia la RDT, algunos no pueden ser reutilizados para un modo de operación puramente digital.

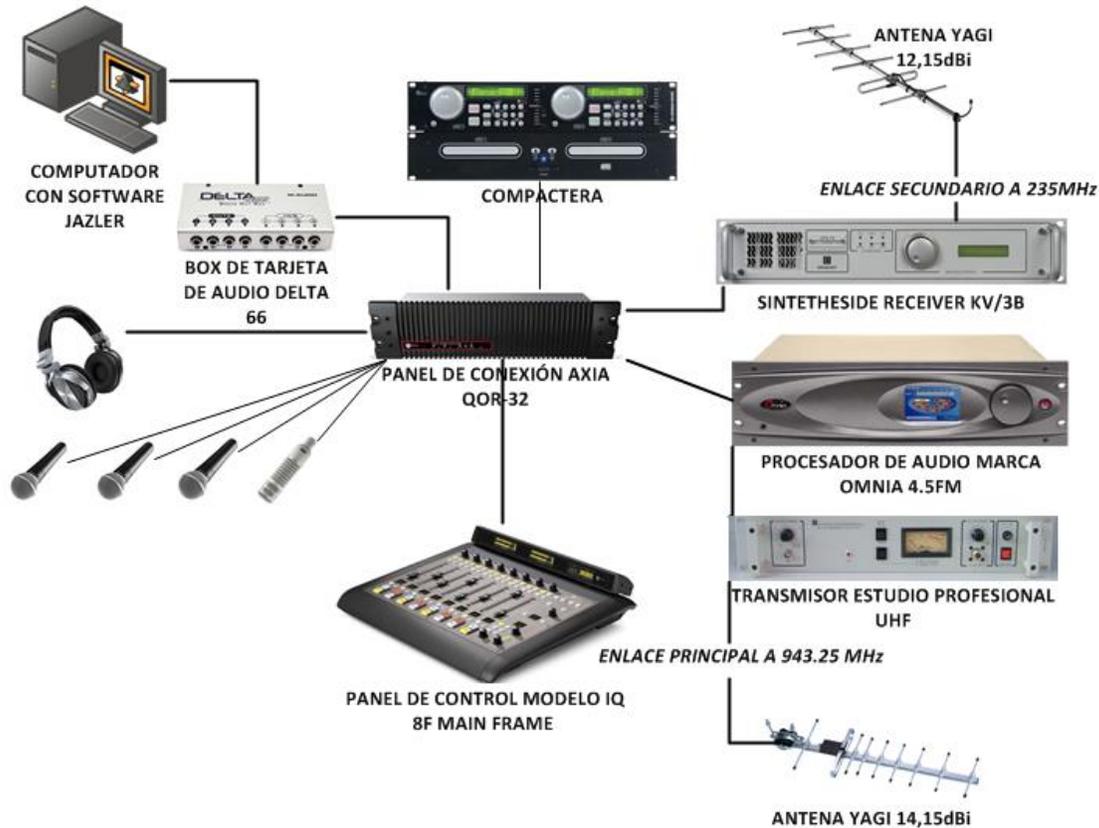


Figura 20. Diagrama del estudio de Radio Universitaria 98.5 FM.
Fuente: [Propia]

4.5. Arquitectura del sistema de transmisión analógico

En la **Figura 21**, se muestra un diagrama de la arquitectura actual de transmisión analógica de Radio Universitaria 98.5 FM, en dicho diagrama se muestran todos los equipos que permiten, en conjunto, la difusión analógica desde el Cerro Ventanas, de los contenidos que se producen en el Estudio, como en coberturas móviles. Para una mejor explicación se han separado todos los equipos en tres bloques funcionales: sala de transmisión, equipos de coberturas móviles y estudio.

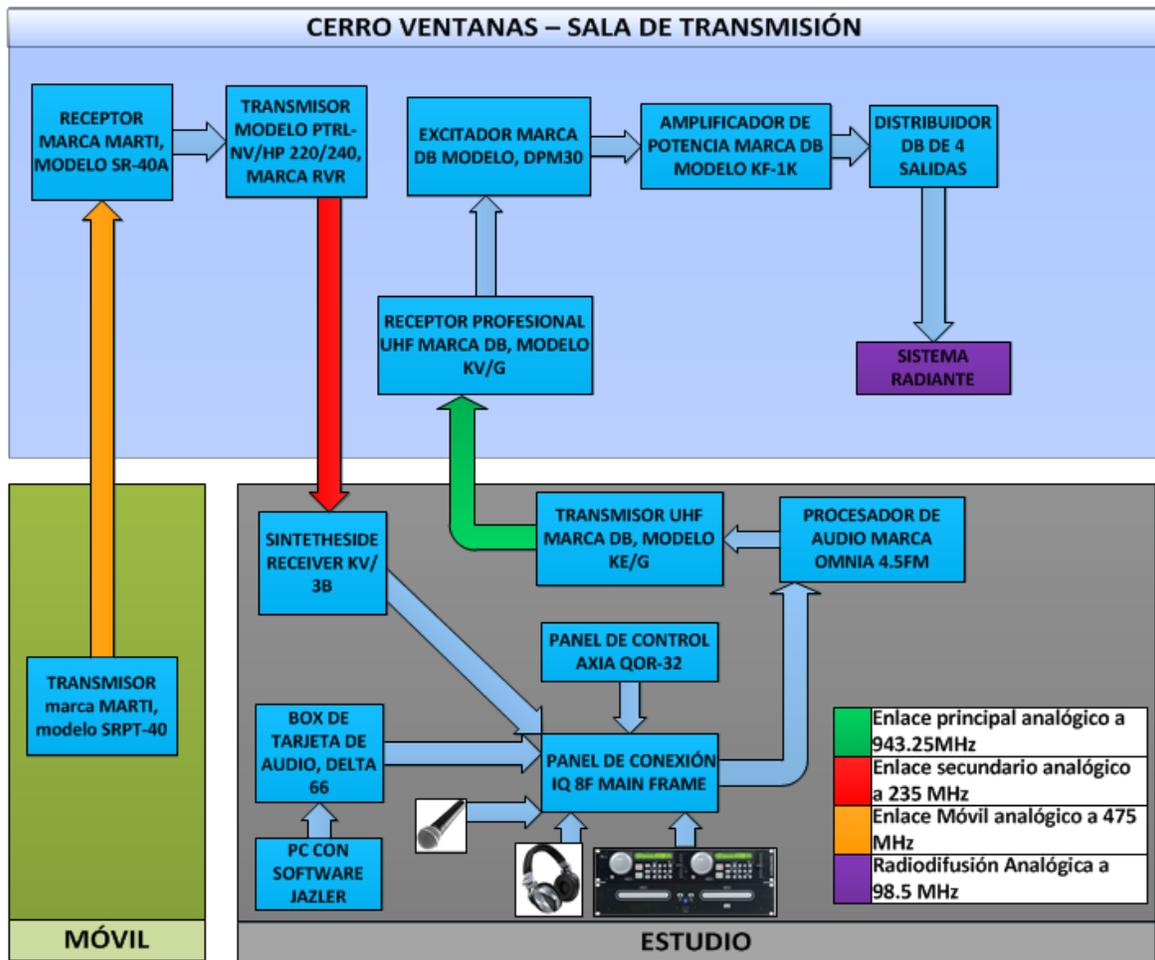


Figura 21. Arquitectura del sistema de transmisión analógico.
Fuente: [Propia]

4.6. Enlace primario Estudio-Ventanas

Este es el enlace primario que permite llevar los contenidos, que se producen tanto en los estudios como en las coberturas móviles, hasta el Cerro Ventanas; para ser radiados a toda el área de cobertura. Este enlace funciona a la frecuencia de 943.25 MHz, en el intervienen 2 antenas Yagi de 14.15dBi de ganancia, así como los respectivos TX (estudio) y RX (Ventanas). Una vez que la señal se recibe por el RX (ventanas) se envía al TX principal que irradia esta señal a la frecuencia de 98.5 FM. A continuación se abordan las principales característica de los equipos que intervienen en este enlace:

4.6.1. Transmisor profesional UHF marca DB modelo KE/G

El transmisor que se emplea en el enlace principal es un transmisor profesional para operar en UHF marca DB serial # 01-12653, ajustado a la frecuencia de 943.25 MHz, con potencia ajustable de 0 a 8 W, potencia que resulta suficiente ya que como se vio en la sección 4.2, en el contrato de concesión se autoriza una potencia máxima de 5W para este enlace. En la **Figura 22**, se muestran dos equipos, el equipo de la parte inferior representa el Tx UHF modelo KE/G, mientras que el equipo que se encuentra sobre este, es el equipo Rx.



Figura 22. Transmisor profesional UHF marca DB.

Fuente: [33]

A continuación en la **Tabla 15** se detallan las principales características que provee el fabricante.

Tabla 15. Características transmisor profesional UHF marca DB.

KE/G - Technical parameters	
Power output (continuously variable form 0)	8 Watt (25 Watt on request)
Input Impedance	50 Ohms
Output Connector	N/female
Modulation	FM
Spurious and harmonic	Below FCC anc CCIR requirements
Stereo separation	60 dB or better from 15 Hz to 15 kHz
Pre-emphasis	50, 75 us selectable
Frequency range	830-1020 MHz
AC Input voltage	120 or 220/240 VAC, 50/60 Hz
Operating temperature	-20°C + +45°C
Max humidity	95% not condensing
Dimensions	Depth 483 mm (19") x 2U (standard rack unit)

Fuente: [33]

4.6.2. Antena Yagi de 14.15 dBi

En ambos extremos del enlace principal estudio-ventanas, por la necesidad de una alta ganancia y directividad, se usan antenas Yagi de 14.15dBi.



Figura 23. Antena Yagi 14.15 dBi.

Fuente: [34]

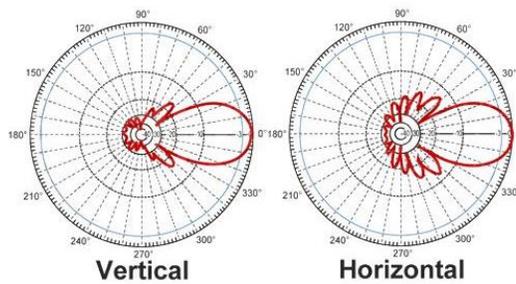


Figura 24. Patrón de radiación antena Yagi 14.15 dBi.

Fuente: [34]

A continuación se detallan las principales características que provee el fabricante.

Tabla 16. Características antena Yagi 14.15 dBi.

Frequency	930 - 958 MHz
Gain	14 dBi
-3 dB Beam Width	30 degrees
Front to Back Ratio	15 dB
Impedance	50 Ohm
Max. Input Power	50 Watts
VSWR	< 1.5:1 avg.
Lightning Protection	DC Short

Fuente: [34]

4.6.3. Receptor profesional UHF marca DB, modelo KV/G.

El receptor que se emplea en el enlace principal es un receptor profesional para operar en UHF marca DB, ajustado a la frecuencia de 943.25 MHz, squelch ajustable, con conectores de salida BNC señal L+R. Este equipo se muestra en la parte superior de la **Figura 22**, en la imagen se lo aprecia conjuntamente al equipo Tx. A continuación se muestran sus principales características técnicas.

Tabla 17. Receptor profesional UHF marca DB.

KV/G - Technical parameters	
Frequency range	830-1020 MHz
Input Impedance	50 Ohms
Input Connector	N/female
Amplitude Response	±0.1 dB from 15 Hz to 53 kHz, ±0.5 dB from 53 kHz to 100 kHz
Monoaural Sensitivity	8 uV for S/N 52 dB, 16 uV / 60 dB, 200 uV / 70 dB, 1mV / 78 dB
Composite Sensitivity	8 uV for S/N 40 dB, 16 uV / 42 dB, 150 uV / 60 dB, 1mV / 72 dB
Squelch Threshold	adjustable from 8 uV
Outputs	composite, monoaural, IF 10.7 MHz
AC Input voltage	120 or 220/240 VAC, 50/60 Hz
Operating temperature	-20°C ÷ +45°C
Max humidity	95% not condensing
Dimensions	Depth 483 mm (19") x 2U (standard rack unit)

Fuente: [33]

4.6.4. Simulación enlace principal

En base a los parámetros técnicos de los equipos antes descritos y por la importancia de este enlace, se ha simulado dicho enlace para de manera técnica tener una percepción de cómo se encuentra este enlace de 4250 m. La simulación se ha hecho considerando los siguientes parámetros:

Tabla 18. Parámetros para simulación de enlace principal a 943.25 MHz.

TRANSMISOR	RECEPTOR
Ganancia de la antena: 14.15 dBi	Ganancia de la antena: 14.15 dBi
Altura de la antena: 12m	Altura de la antena: 15m
Potencia: 5W	Sensibilidad: 16uV/m, cuando la SNR es de mínimo 42dB.
Latitud: 04°02'17.04"S	Latitud: 04°01'51.11"S
Longitud: 079°12'26.26"W	Longitud: 079°14'39.00"W

Fuente: [Propia]

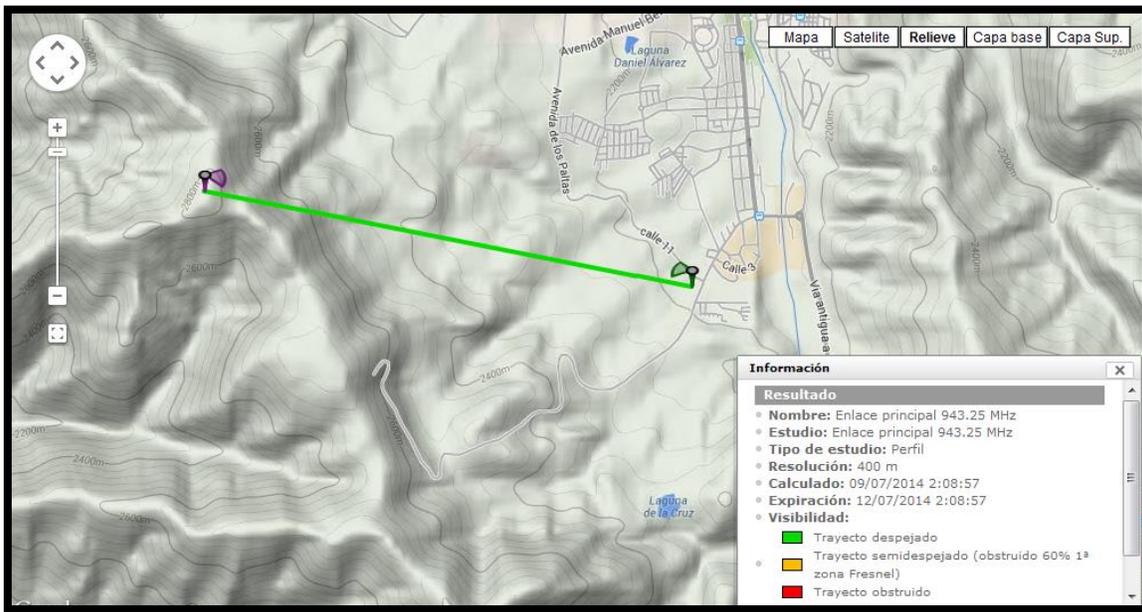


Figura 25. Simulación enlace principal usando XIRIO online.

Fuente: [35]

En la **Figura 25**, se aprecia el enlace principal simulado, para ello se ha hecho uso del software de simulación XIRIO online, para esta simulación por las características del enlace, el software ha empleado el método de cálculo determinado en la recomendación ITU-R P.526-11¹⁷.

En la **Figura 26** se aprecia la gráfica del perfil del enlace principal, y en base a la leyenda que consta en la **Figura 25**, podemos apreciar que no se ve obstruido el 60% de la primera zona de Fresnel, que es el principal criterio técnico que se debe respetar. En la misma gráfica podemos apreciar como a una distancia de aproximadamente 4km, se obtiene un valor de intensidad de campo de alrededor de $18\mu\text{V/m}$, lo cual está dentro de los parámetros de sensibilidad mínimos del receptor ubicado en el Cerro Ventanas, los que pueden apreciarse en la **Tabla 17**.

¹⁷ Método determinístico basado en difracción, válido para frecuencias mayores a 30 MHz, empleado para servicios radioeléctricos en entornos rurales y mixtos.

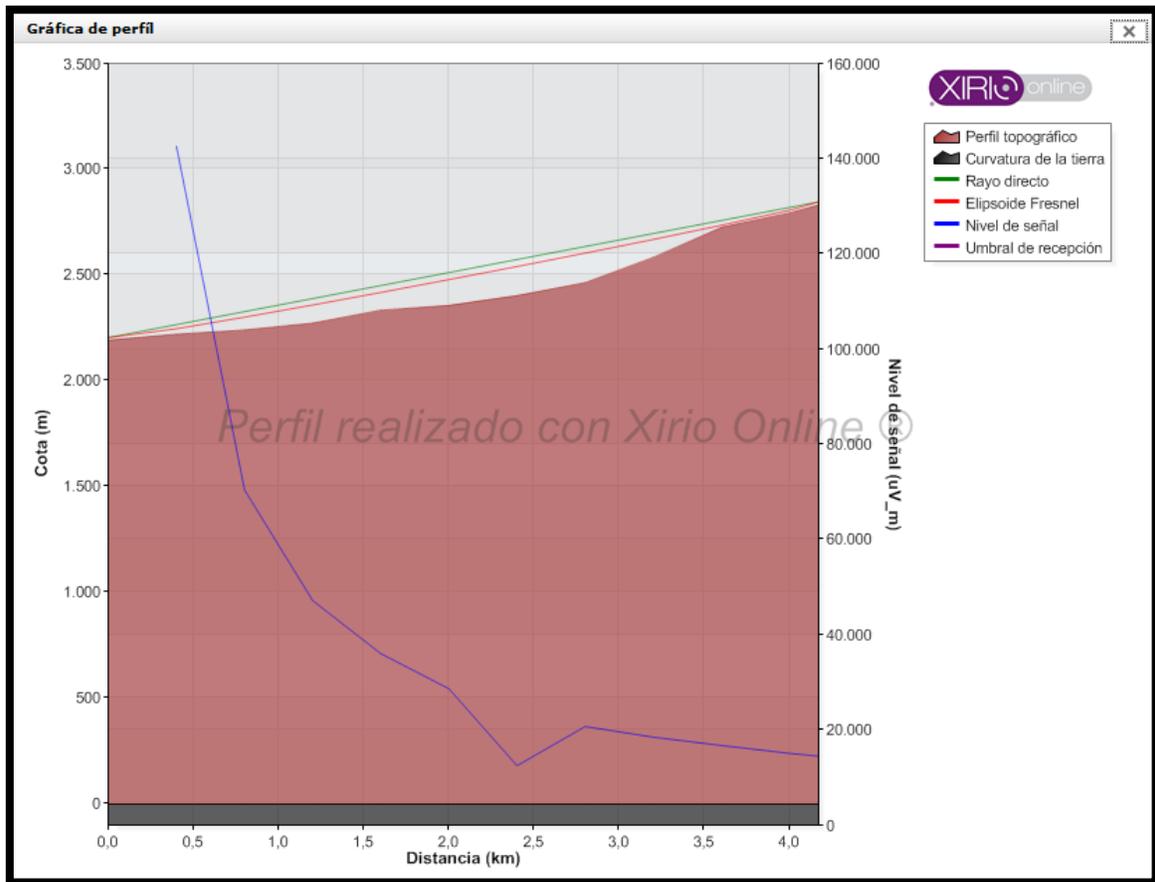


Figura 26. Perfil del enlace principal.

Fuente: [35]

En base a la leyenda que consta en la **Figura 25**, podemos concluir que el enlace cumple con el criterio técnico de respeto a por lo menos el 60% de la primera zona de Fresnel, de la misma manera, en base a la **Figura 26**, podemos concluir que el valor de intensidad de campo medido en el receptor se encuentra dentro del rango de sensibilidad del mismo. Por lo tanto, desde el punto de vista orográfico, en el proceso necesario para implementar un sistema de RDT para la Radio Universitaria 98.5 FM, la ubicación del Tx y Rx del enlace principal, pueden mantenerse inalterables.

4.7. Enlace móvil

Este enlace es el que permite la cobertura móvil, especialmente de eventos deportivos en el estadio federativo “Reina del Cisne”, este enlace que se realiza a la frecuencia de 475MHz,

va generalmente desde el estadio (o desde cualquier otra ubicación) hasta el Cerro Ventanas, y de ahí realiza un salto hacia los estudios de la radio a través del enlace secundario.

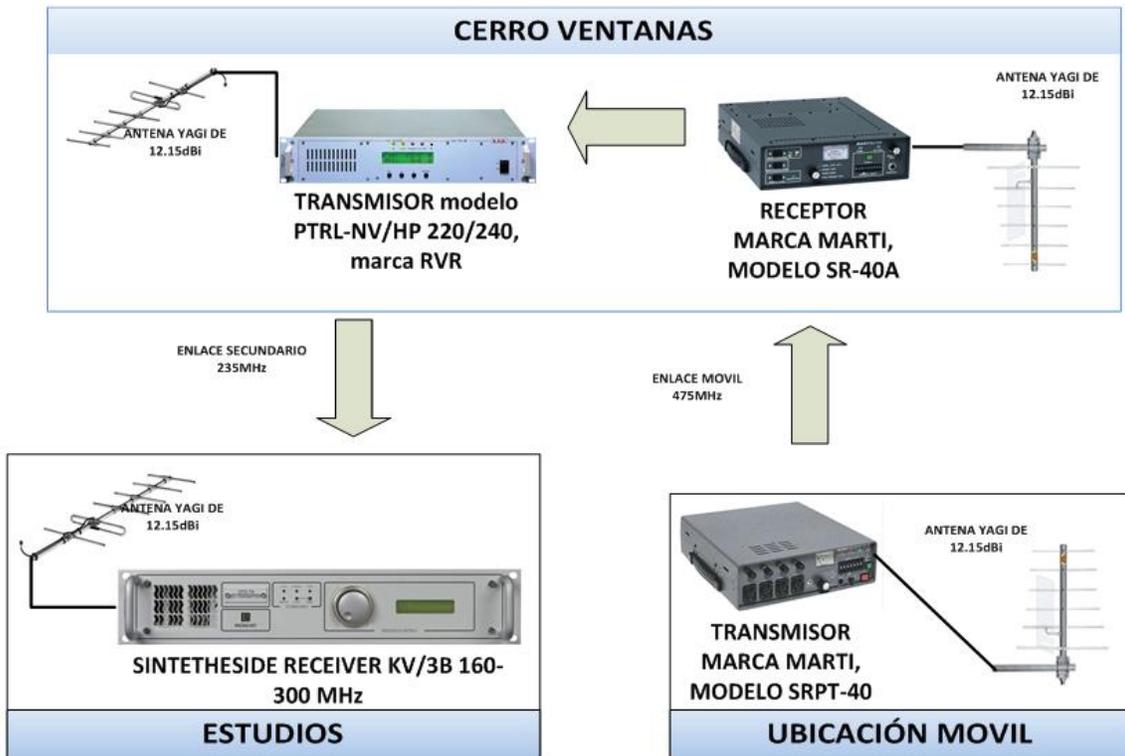


Figura 27. Diagrama de enlace secundario y enlace móvil.

Fuente: [Propia]

En la **Figura 27** se muestra un diagrama explicativo donde constan los equipos que intervienen tanto el enlace móvil (equipos de la derecha) como el enlace secundario (equipos de la izquierda).

A continuación se listan todos estos equipos, indicando las principales características para cada uno de ellos.

4.7.1. Transmisor Marca MARTI modelo SRPT-40

Este transmisor opera en el rango de los 430-480MHz, con potencia regulable de hasta 40W, con entradas regulares de 4 micrófonos, con alimentación de energía de 110V en AC, incluye batería externa 12V DC.



Figura 28. Transmisor Marca MARTI modelo SRPT-40.

Fuente: [36]

A continuación en la **Figura 29** se muestran las principales especificaciones técnicas que provee el fabricante.

Features:

- Frequency Range and Continuous Duty Maximum Power Output 50 ohms (+10%): 430-480 MHz, 40 Watts
- Frequency Selection: Fully frequency agile from 430 MHz to 480 MHz
- Front Panel Controls: Input Level, Meter Select Switch, Encode, Execute, Frequency Select Switches, Power Adjust POT, Transmit/Standby
- Metering: FWD Power, Rev. Power, PA Current, B+, Audio Compression, LEDs: Transmit, AFC Lock, High VSWR, and High Temp
- Modulation Control: Broadcast quality compressor limiter built in
- Audio Inputs: Four balanced XLR mic inputs with gain, one input switchable to balanced line level; No. 4 input and "D" connector on rear
- Audio Input Level: mic input level can be from -68 dB to -35 dB. High level can be from 0 to +10 dBm 8-600 ohms
- Encoding: Sub-audible tone (27 Hz) encoder built in.
- Accessory Connector: 15 pin "D" connector, DC power (12.5-16 VDC or 16-30 VDC), Remote Control, encode, line level input.
- RF Output Impedance: 50 ohms.
- Power Requirements: 110-125 VAC, 50-60 Hz: DC Power (12.5-16 VDC or 16-30 VDC), 8-10 Amps.
- Dimensions: 3.5"H x 11.5"W x 13.5"D Weight: Net 8 lbs., Shipping 14 lbs.

Figura 29. Características técnicas del Tx MARTI modelo SRPT-40.

Fuente: [36]

4.7.2. Receptor Marca MARTI modelo SR-40

Este equipo está diseñado para trabajar en el rango de los 135-965MHz, con potencia regulable de hasta 40W.



Figura 30. Receptor Marca MARTI modelo SR-40.
Fuente: [36]

A continuación en la **Figura 31** se muestra una breve descripción técnica que provee el fabricante.

RF Specifications

Stability Over Operating Temperature Range: $\pm 0.0001\%$

Frequency Programming:

- Increments:** 1 Hz
- Accuracy:** $\pm 0.00025\%$ of center frequency
- Change Time:** <2 seconds
- Number of Channels/Frequencies:** Unlimited within band, enter from front panel controls
- Minimum Channel Spacing:** None

Receive Bandwidth: 20-50 KHz, depending on selected frequencies

Deviation: 1.5, 5.0, 7.5 or 10.0 kHz depending upon frequency and filter

Spurious Response: -90 dB

Sensitivity:

- 20 dB Signal-to-Noise: 0.5 μ Vs
- 30 dB Signal-to-Noise: 2.0 μ Vs
- 40 dB Signal-to-Noise: 4.0 μ Vs
- Max Signal-to-Noise (typically 57 dB or greater):** 100 μ Vs

Figura 31. Características técnicas del Rx MARTI SR-40.
Fuente: [36]

4.7.3. Antena Yagi de 12.15 dBi MARTI modelo YC-450

En ambos extremos del enlace móvil, se usa una antena Yagi de 6 elementos, marca MARTI, modelo YC-450, frecuencia 475MHz, con una ganancia de 12.15 dBi. A continuación se muestra una imagen referencial de la misma.



Figura 32. Antena Yagi de 12.15 dBi, MARTI modelo YC-450.
Fuente: [36]

A continuación en la **Figura 33** se indican sus principales características técnicas.

YC 450 - Specifications	
Jul 08, 2014	
General Specifications	
Frequency Range:	450-470 MHz
Bandwidth:	20 MHz
VSWR Over Bandwidth:	1.5:1
Power Rating:	300 W
Input Impedance:	50 Ohms
Gain at Mid-Frequency:	10 dBd
Gain, Isotropic:	12.15 dBi
Polarization:	Horizontal or Vertical
Isolation:	20 dB
Radiation Pattern:	Directional
3dB Beamwidth, Horizontal:	45 degrees
3dB Beamwidth, Vertical:	60 degrees
Front/Back Ratio:	20 dB

Figura 33. Características técnicas de antena Yagi MARTI YC-450.
Fuente: [36]

Por la naturaleza móvil de este enlace no es posible realizar la simulación de un radio enlace en particular, dejando a criterio del operador de todo el equipo de transmisión, el mejor lugar para colocar la antena de transmisión, y lograr un enlace fiable.

4.8. Enlace secundario Ventanas-Estudio

Este enlace secundario que opera a la frecuencia de 235MHz, permite traer la señal que llega al Cerro Ventanas y llevarla hasta el estudio para que se integre al resto de la

producción audible (mediante el panel de conexión AXIA QOR.32) y sea incorporada (mediante el panel de control IQ-8F) al resto de la producción en el estudio. Este enlace se aprecia de mejor manera en el diagrama de la **Figura 21** y en el diagrama de **la Figura 27**.

A continuación se listan los equipos que intervienen en el enlace secundario Ventanas-Estudio:

4.8.1. Transmisor marca RVR modelo PTRL-NV/HP 220/240

El equipo Tx que se encuentra en el Cerro Ventanas es un transmisor de enlace remoto modelo PTRL-NV/HP STUDIO TRANSMITTER LINK operando en el rango de 220/240 MHz, marca RVR, a continuación se presenta una imagen referencial del mismo.



Figura 34. Transmisor marca RVR modelo PTRL-NV/HP 220/240.

Fuente: [37]

A continuación las principales características que proporciona el fabricante.

Tabla 19. Características de Tx marca RVR modelo PTRL-NV/HP 220/240.

Especificaciones del Producto	
Potencia de Salida	0 - 10 W
Conector de Salida de RF	Tipo N
Impedancia	50 Ohm
Rango de Frecuencia	220 - 960 MHz (20 MHz de separation por rango)
Fuente de Poder AC	Full rango 80 V - 260 V
Dimensiones	19" x 26.5" x 3.5"
Peso de Envío	27 Lbs

Fuente: [37]

4.8.2. Synthesize Receiver marca DB modelo KV/3B

El equipo Rx que permite recibir en el estudio la señal que nace del enlace móvil es un Synthesize Receiver KV/3B marca DB, que trabaja en el rango de 160-300 MHz, centrado a la frecuencia de 235 MHz, a continuación una imagen referencial de este equipo.



Figura 35. Receptor marca DB modelo KV/3B
Fuente: [37]

A continuación las principales características que proporciona el fabricante.

Tabla 20. Características del Rx marca DB KV/3B.

KV/1B, KV/FM, KV/3B, KV/4B, KV/5B, KV/G, KV/2G	
Amplitude response	± 0.1 dB from 15 Hz to 53 kHz, ± 0.5 dB from 53 kHz to 100 kHz
Monoaural Sensitivity	8 μ V for S/N 52 dB, 16 μ V/60 dB, 200 μ V/70 dB, 1 mV/78 dB
Composite Sensitivity	8 μ V for S/N 40 dB, 16 μ V/42 dB, 150 μ V/60 dB, 1 mV/72 dB
Noise figure	(RFin = 2mV) < 8 KTo
Selectivity	± 160 kHz at -3 dB IF BW, ± 500 kHz at -78 dB IF BW
Metering	RF input level, peak modulation
Frequency setting	internal dip-switches (standard) or front panel selector (optional)
RF input	N/female, 50 ohm
Image rejection	> 68 dB
Squelch threshold	adjustable from 8 μ V
Outputs	composite, monoaural, IF 10.7 MHz
Operating temperature	-10°C to +45°C
DC input power (optional)	12.5 VDC, 2.5 A
AC input voltage	120 or 220/240 VAC, 50/60 Hz, 34 VA
Dimensions:	depth 483 mm (19") x 2 U (standard rack unit)
Net weight	8.6 – 9.5 kg

Fuente: [33]

4.8.3. Antena Yagi de 12.15 dBi MARTI modelo YC-215

En ambos extremos del enlace secundario, se usa una antena Yagi de 12.15 dBi, marca MARTI, modelo YC-215, centrada a la frecuencia 235MHz. A continuación se muestra una imagen referencial de la misma.

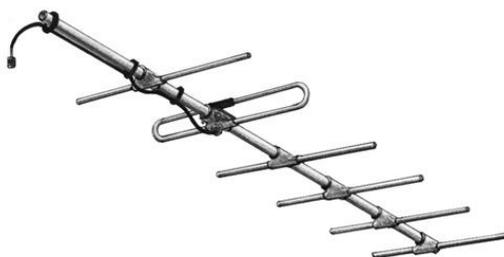


Figura 36. Antena Yagi de 12.15 dBi.
Fuente: [36]

A continuación las principales características que proporciona el fabricante.

YC 215 - Specifications	
Jul 08, 2014	
General Specifications	
Frequency Range:	215-265 MHz
Bandwidth:	8 MHz
VSWR Over Bandwidth:	1.5:1
Power Rating:	300 W
Input Impedance:	50 Ohms
Gain at Mid-Frequency:	10 dBd
Gain, Isotropic:	12.15 dBi
Polarization:	Horizontal or Vertical
Isolation:	20 dB
Radiation Pattern:	Directional
3dB Beamwidth, Horizontal:	45 degrees
3dB Beamwidth, Vertical:	60 degrees
Front/Back Ratio:	20 dB

Figura 37. Antena Yagi de 12.15 dBi, marca MARTI YC-215.
Fuente: [36]

4.9. Radiodifusión desde Cerro Ventanas

Hasta ahora hemos abordado tanto el enlace móvil como el enlace secundario, pero toda esta cadena de transmisión y esta cadena de producción tiene como finalidad máxima, radiar los contenidos hacia toda la zona de cobertura (Loja, Catamayo y alrededores) que tiene asignada la Radio Universitaria 98.5 FM, es por esto que para analizar de manera técnica este sistema de radiodifusión, será necesario elaborar una simulación de la cobertura actual que posee la radio. Previo al estudio de cobertura; y una vez analizados los enlaces primario, móvil y secundario; así como la estructura de la estación matriz; es

necesario poder hacernos una idea general de cómo se realiza la transmisión de audio analógico tanto desde el estudio como desde el transmisor móvil. En **Figura 38** se muestra un diagrama general de cómo opera la Radio Universitaria 98.5 FM.

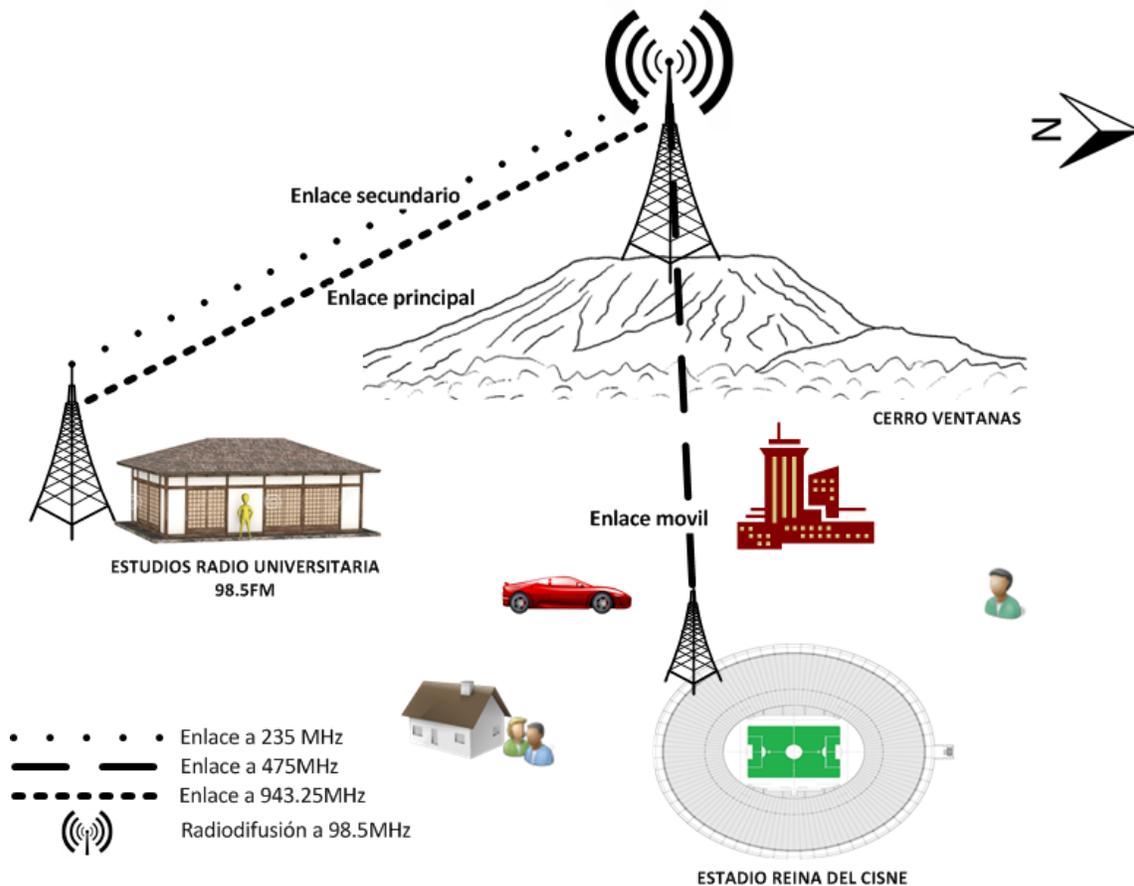


Figura 38. Diagrama general de operación de Radio Universitaria 98.5 FM.

Fuente: [Propia]

Como se puede apreciar en la **Figura 38**, una vez que todas las señales de audio se unen en una sola producción audible, en el estudio; y, mediante el enlace primario, la señal de audio es enviada al receptor del enlace primario el cual a su vez envía la señal al sistema de transmisión a 98.5 MHz. A continuación se presenta un diagrama que explica de mejor manera todo lo antes descrito, en este diagrama se omite el enlace móvil tanto de subida (enlace móvil, sección 4.7) como de bajada (enlace secundario, sección 4.8), pues en relación a la cadena de transmisión resultan independientes.

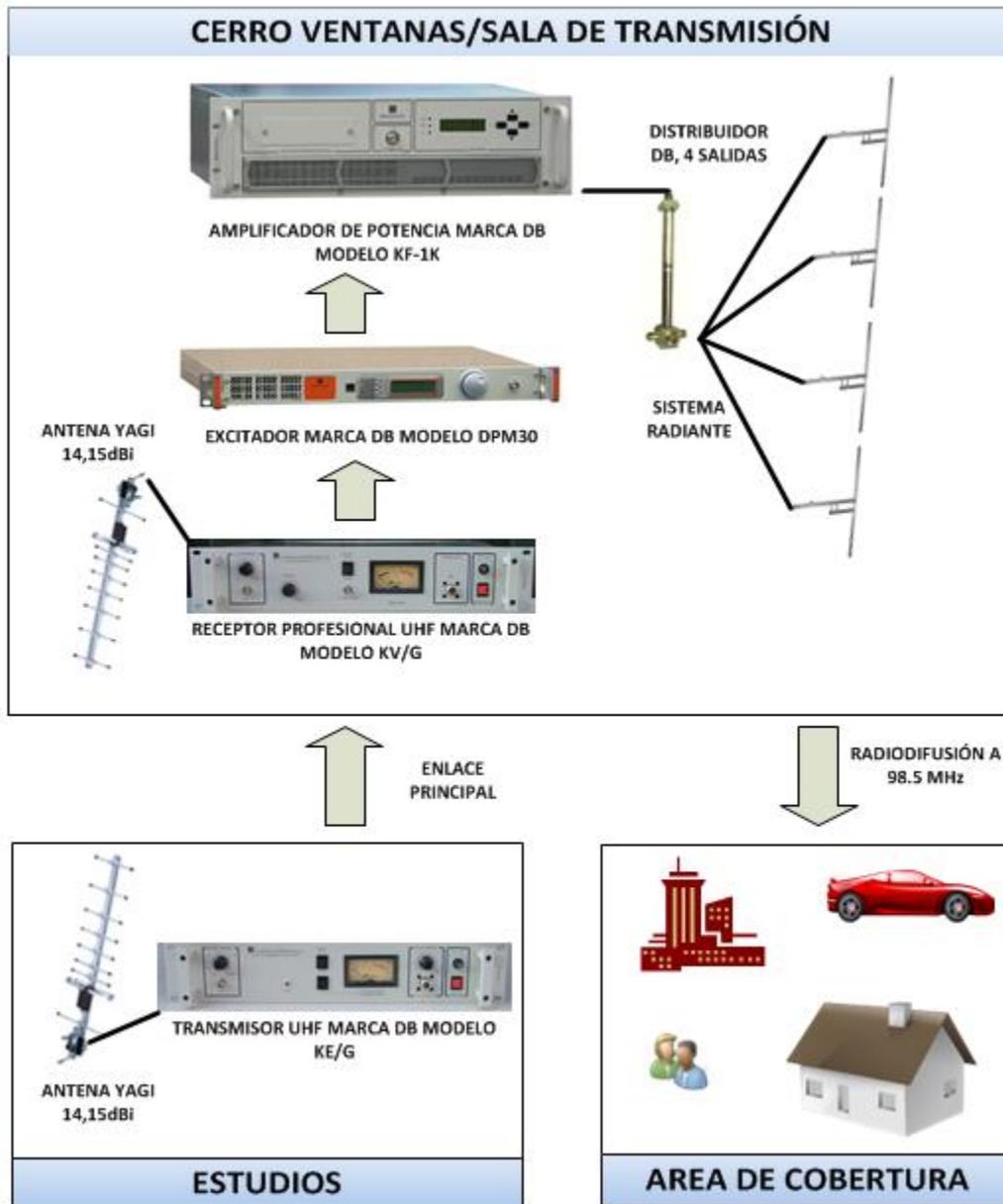


Figura 39. Diagrama de la cadena de transmisión.
Fuente: [Propia]

Los equipos utilizados en el Cerro Ventanas donde se encuentra la cabina de transmisión son los encargados de preparar la señal para ser transmitida a través del sistema radiante hacia los receptores de los radioescuchas. Estos son: el excitador, al amplificador, el transmisor y finalmente el distribuidor con el arreglo de antenas. A continuación se abordan las principales características de estos equipos.

4.9.1. Excitador marca DB modelo DPM30



Figura 40. Excitador marca DB modelo DPM30.

Fuente: [33]

El excitador cumple la función de recoger la señal del equipo Rx del enlace principal (Receptor KV/G, marca DB, sección 4.6.3) y modular esta señal en la frecuencia de transmisión deseada, en el caso de Radio Universitaria sería a 98.5 MHz. Este excitador tiene una potencia de salida de 30 W, con una impedancia de salida de 50 Ω , en la **Tabla 21** se amplían sus principales características técnicas, y en la **Figura 40** se muestra una imagen referencial del mismo. La señal que sale de este equipo es enviada al amplificador de potencia, el cual se aborda en la siguiente sección.

Tabla 21. Características Excitador DB modelo DPM30.

DPM 30 - Technical parameters	
Power output	30 Watt
RF Output Impedance	50 Ohms
RF Output Connector	N
Frequency range	87.5 - 108 MHz
Modulation type	F3E stereo and mono
Modulation Mode	Mono, stereo, MPX, SCA, RDS, Aux
Pre-emphasis	0, 50, 75 us selectable
AC Input power	90 ÷ 260 VAC, 50/60 Hz mono phase
Cooling	Forced Air
Operating temperature	-5°C ÷ +50°C
Max humidity	95% not condensing
Dimensions	19" - 1U rack

Fuente: [33]

4.9.2. Amplificador marca DB modelo KF-1k

Luego del excitador, la señal es enviada a un amplificador de potencia, en el caso de esta estación es un equipo de la marca DB, modelo KF-1k. Este equipo tiene como función primaria aumentar la potencia de la señal que será enviada al Distribuidor Broadband, este equipo en particular trabaja a una potencia máxima de 1050 W, potencia que es más que suficiente, pues como se vio en la sección 4.2, en el contrato de concesión se autoriza una potencia total máxima de 1000 W (P.E.R) para una intensidad de campo mínima de 500 $\mu\text{V/m}$ en la zona de cobertura. En la **Figura 41**, se muestra una imagen referencial del mismo.



Figura 41. Amplificador marca DB modelo KF-1k.

Fuente: [33]

En la **Tabla 22**, se muestran las principales características que provee el fabricante.

Tabla 22. Características del Amplificador marca DB modelo KF-1k.

KF 1k - Technical parameters	
Power output	1050 Watt
RF Output Impedance	50 Ohms
RF Output Connector	DIN 7/16"
Frequency range	87.5 - 108 MHz
Input Connector	N
Input Impedance	50 Ohms
Spurious and harmonic suppression (ref. to carrier)	< -80 dBc
AC Input power	Single phase 115/230/240 Vac \pm 10%
Cooling	Forced Air by internal fans
Operating temperature	-5°C + +45°C
Max humidity	95% not condensing
Dimensions	19" - 3U rack

Fuente: [33]

4.9.3. Distribuidor Broadband marca DB de 4 salidas

El Distribuidor es el elemento encargado de repartir por igual, la potencia suministrada por el amplificador, hacia el sistema radiante, en el caso de la Radio Universitaria 98.5 FM se usa un distribuidor Broadband para 4 antenas, con conector de entrada tipo N (Hembra) y conector de salida N (Hembra) para una potencia máxima de 800W e impedancia de 50 Ω . Es importante recalcar la importancia de que todos los 4 cables de conexión que alimentan a las 4 antenas, sean del mismo tamaño, para transmitir la señal en fase. A continuación se muestra una imagen referencial del distribuidor o también llamado divisor de potencia.



Figura 42. Distribuidor DB para 4 antenas.
Fuente: [33]

En la tabla siguiente se muestran sus principales características.

Tabla 23. Características distribuidor marca DB de 4 salidas.

RANGO DE FRECUENCIA	87.5-108MHz
IMPEDANCIA ENTRADA	50 Ohm
IMPEDANCIA SALIDA	50 Ohm
POTENCIA MÁXIMA	800W
MONTAJE	Tubo de 1-3"
MATERIALES	Tubo exterior de latón cromado, interior de aluminio ó latón plateado (según modelos) y aislamientos de teflón

Fuente: [33]

4.9.4. Arreglo de 4 antenas omnidireccionales

Finalmente como último eslabón de la cadena de producción y transmisión, se encuentra el sistema radiante, que en el caso de la Radio Universitaria 98.5 FM, es un arreglo lineal de 4 antenas omnidireccionales tipo dipolo, marca DB modelo P1-N, con ganancia de 2.15 dB (4.13 dBi). En la **Figura 43** se puede apreciar de mejor manera este tipo de antena.



Figura 43. Antena omnidireccional de 2.15dB marca DB, modelo P1-N.
Fuente: [33]

En la **Figura 44** se muestran los patrones de radiación de esta antena.

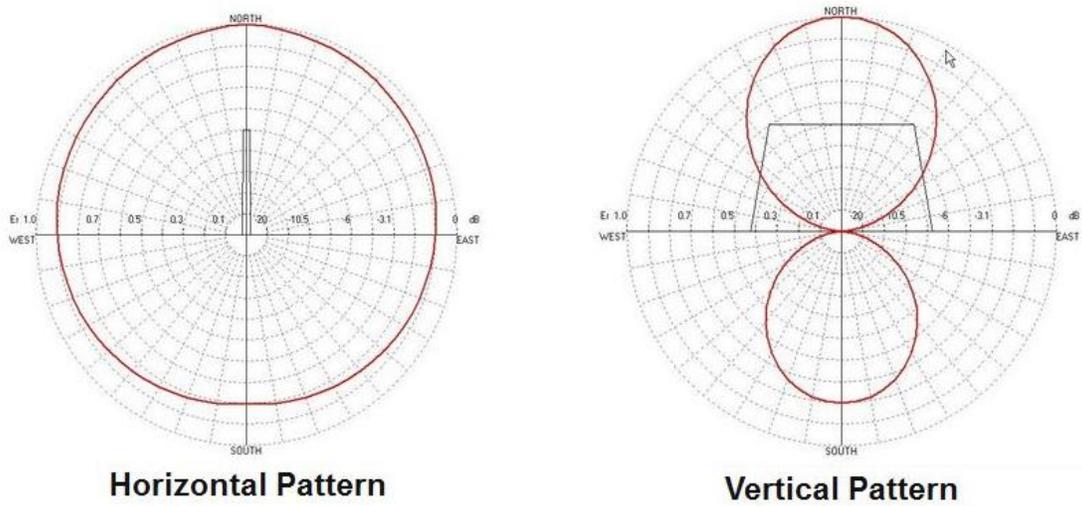


Figura 44. Patrones de radiación de antena marca DB, modelo P1-N.
Fuente: [33]

En la **Tabla 24** se muestran las principales características que provee el fabricante

Tabla 24. Características de antena omnidireccional marca DB, modelo P1-N.

P1 N - Technical parameters	
Frequency range	87.5-108.0 MHz
Bandwidth	Broadband
Polarization	Vertical
Connector	N female
Maximum Power Handling Capability	0.6 kW
Gain (at mid band, ref. to $\lambda/2$ dipole)	2.15 dB
VSWR (in the whole band)	< 1.3 : 1
Impedance	50 ohm
Wind Load (ref 150 Km/h)	18 Kg (frontal), 26 Kg (lateral)
Grounding	Via clamps
Vertical Beamwidth (at -3 dB, at mid band)	72°
Material	Anodized Aluminium
Pole Diameter	32-90 mm (others on request)
Dimensions (HxWxD)	1430x40x840 mm

Fuente: [33]

En la **Figura 45** se muestra un arreglo lineal de cuatro antenas omnidireccionales, semejante al empleado por la Radio Universitaria 98.5 FM.



Figura 45. Arreglo de 4 antenas omnidireccionales.

Fuente: [38]

4.9.4.1. Cálculo de la ganancia total del sistema radiante

Para calcular la ganancia total del arreglo lineal, se emplea la **Ec. 1**:

$$G_T = G_A + 10 * \log(A_T) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

G_T es la ganancia del arreglo en dBd

G_A es la ganancia de la antena individual en dBd, que es de 2.15dBd

A_T es el número total de antenas del arreglo, que es de 4

Así:

$$G_T = 2.15dBd + 10 * \log(4)$$

$$G_T = 2.15dBd + 6$$

$$G_T = 8.15dBd$$

$$G_T = 10.3dBd$$

4.9.5. Cálculo de la P.E.R

Como se vio en la sección 4.2, dentro de los datos técnicos de operación establecidos en el contrato de concesión, la estación tiene autorizada una potencia efectiva radiada (PER) máxima de 1000W, en la actualidad según se pudo investigar la potencia que sale del amplificador y se envía al sistema radiante es de 200W, con esta potencia se procederá a calcular cual es la potencia efectiva que irradia la estación desde el Cerro Ventanas.

Para el cálculo de la PER, correspondiente a la máxima dirección de irradiación, se emplea la **Ec.2**

$$P.E.R(kW) = P_T(kW) * 10^{\left[\frac{G(dBd) - \text{Pérdidas}(dB)}{10}\right]} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

P_T es la potencia nominal del transmisor, que es de 200W

G (dBd) es la ganancia del arreglo, que es 8.15dBd

Pérdidas¹⁸ (dB) correspondientes a líneas de transmisión, conectores, etc.

¹⁸ Para servicios de radiodifusión sonora, el valor de perdidas máximo considerable, es de 1.5dB.

Así:

$$P.E.R(kW) = 0.2kW * 10^{\left[\frac{8.15dBd-1.5dB}{10}\right]}$$

$$P.E.R(kW) = 0.2kW * 10^{[0.665]}$$

$$P.E.R(kW) = 0.2kW * 4.62$$

$$P.E.R(kW) = 0.92kW$$

$$P.E.R(kW) = 920W$$

4.9.6. Simulación del actual sistema de radiodifusión a 98.5 MHz.

Para tener de manera técnica una idea del actual sistema de radiodifusión analógica de la radio universitaria a 98.5 MHz, en la banda de FM, se vuelve necesario realizar una simulación del mismo. Previo a ello, debemos definir los parámetros técnicos principales que se tomaran en cuenta en el proceso de simulación.

Para poder analizar la calidad de la recepción de las señales que se irradian desde el Cerro Ventanas, es necesario antes, definir cuáles son los valores mínimos de recepción que deben considerarse. A continuación algunas consideraciones previas.

- En la sección 1.2.4.8, se mencionan cuáles son los valores de intensidad de campo que deben respetar tanto las estaciones de potencia normal (como es Radio Universitaria 98.5 FM) como las de baja potencia. Estos valores han sido definidos en concordancia con la recomendación ITU-R BS.412-9¹⁹, recomendación de la cual se extrae la siguiente tabla.

Tabla 25. Intensidad de campo mínima utilizable para FM.

Zonas	Servicios	
	Monofónico dB(μV/m)	Estereofónico dB(μV/m)
Rural	48	54
Urbana	60	66
Grandes ciudades	70	74

Fuente: [39]

¹⁹ Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas.

Como se aprecia en la **Tabla 25**, para el servicio estereofónico, el mínimo valor que se debe recibir es de 54 dB μ V/m (500 μ V/m), que es el mismo que se definió en el anexo técnico del contrato de concesión abordado en la sección 4.2.

- Vale mencionar que en la misma recomendación de la ITU-R BS.412-9, y en la Norma Técnica Reglamentaria Para Radiodifusión en FM (sección 1.2.4.6), se especifica que el valor de intensidad de campo en recepción, debe ser medido a 10m del suelo.
- Como se vio en la sección 4.9.4.1, la ganancia total del arreglo lineal de dipolos es de 8.15dBd o 10.3dBi. En la norma ITU-R BS.412-9, se establece que para el caso de la antena receptora se establezca una ganancia de 0dBi
- Según consta en la sección 4.2, Radio Universitaria tiene autorizada una P.E.R de máximo 1000 W, mas sin embargo en la actualidad se encuentra con una P.E.R inferior (\approx 920 W), la cual se obtiene con una potencia a la salida del transmisor de alrededor 200 W.

En la **Tabla 26**, se muestran los principales parámetros técnicos que se consideran en la simulación.

Tabla 26. Parámetros de simulación de sistema de radiodifusión analógico FM

TRANSMISOR	RECEPTOR
Ganancia de antenas: 10.3 dBi	Ganancia de la antena: 0 dBi
Altura de la antena: 12m	Altura de la antena: 10m
Potencia: 200W	Intensidad de campo mínima: 54 dB μ V/m ó 500 μ V/m
Latitud: 04°01'51.11"S Longitud: 079°14'39.00"W	Área de cobertura: Loja, Catamayo y alrededores.

Fuente: [Propia]

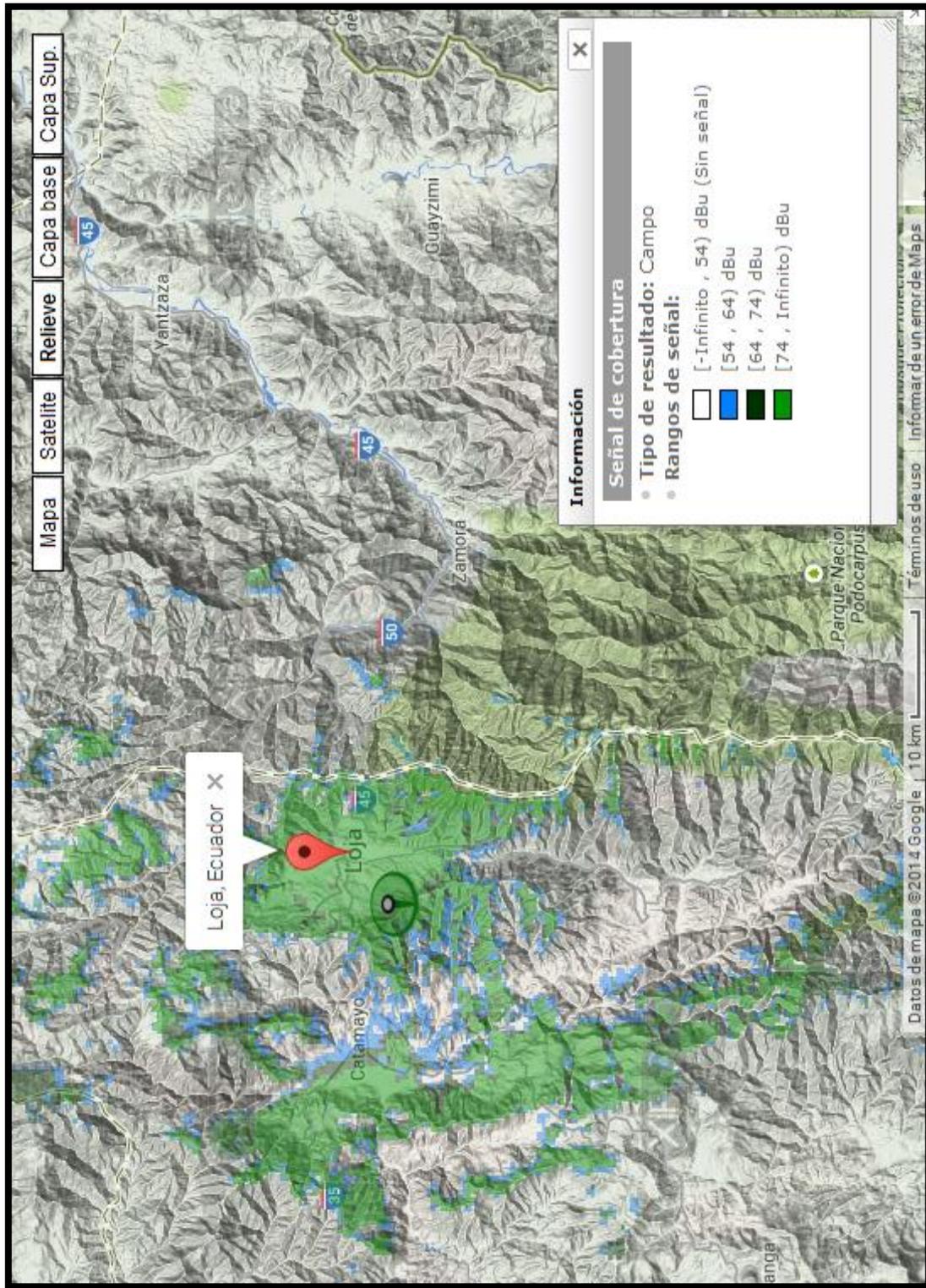


Figura 46. Gráfico de cobertura de radiodifusión analógica.
Fuente: [35]

En la **Figura 46**, se aprecia la gráfica de cobertura actual de Radio Universitaria a 98.5 MHz en FM, para ello se ha usado el software de simulación XIRIO online, el software ha empleado el método de cálculo determinado en la recomendación ITU-R P.526-11.

En base a la leyenda que consta en la misma figura, podemos apreciar que las zonas en color azul son aquellas que están en el mínimo de intensidad de campo ($54 \text{ dB}\mu\text{V/m}$), que es el principal criterio técnico que se debe respetar. Las zonas en verde son aquellas donde la intensidad de campo esta sobre el mínimo establecido, $74 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ o más. En la gráfica de cobertura vemos que básicamente el área de cobertura de la radio es: la ciudad de Loja con sus alrededores y la ciudad de Catamayo con sus alrededores.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOFUSIÓN DIGITAL DE RADIO UNIVERSITARIA 98.5 FM

5.1. Introducción

La digitalización de todos los sectores tecnológicos de la sociedad se ha vuelto una creciente tendencia, claro es el ejemplo de la TV digital, la cual migrará completamente de la clásica transmisión analógica a transmisión digital de contenidos. La radio como uno de los medios de comunicación de mayor penetración en cualquier sociedad, no podía quedar de lado de esta carrera de digitalización.

La Universidad Nacional de Loja, como un ente activo de la sociedad Lojana y de la región sur, no podía de igual manera quedar relegada en este proceso de digitalización. Es por ello que el objetivo principal del presente trabajo de tesis, es el diseño de un sistema de Radiodifusión Digital Terrestre (RDT) o en inglés, Digital Audio Broadcasting (DAB), para la banda de FM (Banda II, 88-108 MHz), adaptado a los requerimientos de la Radio Universitaria 98.5 FM.

Si bien para el caso de la radio nuestro país aún no ha definido un estándar para DAB (Digital Audio Broadcasting), el más oponible, por razones que se resumirán en el apartado de Conclusiones, es el sistema y estándar DRM del cual ya se ha hablado en el Capítulo 3. Es así que el presente diseño toma como base los lineamientos de este sistema.

5.2. Criterios de diseño

Es importante definir cuáles son los criterios de diseño que se tomarán en consideración para el diseño del sistema de RDT para Radio Universitaria 98.5 FM. Los mismos se listan a continuación.

- Reutilizar en la medida de lo posible toda la infraestructura con la que cuenta la Radio Universitaria 98.5 FM.
- Buscar un diseño lo más económico posible.
- Permitir una transmisión híbrida (analógico y digital) durante el periodo que dure la etapa de migración hasta el apagón analógico respectivo. Para luego de esto permitir una transmisión puramente digital.

- Utilizar los actuales emplazamientos con los que dispone la estación.
- Considerar una posible expansión del área de cobertura actual.
- Mantenerse transmitiendo en la misma canalización actual, banda II, 88 a 108 MHz. Es decir mantener la misma frecuencia central que actualmente posee la estación es decir 98.5 MHz.

5.3. Método de combinación Analógico/Digital

Como se establece en uno de los criterios de diseño que se deben considerar, el diseño final deberá permitir una transmisión híbrida, también llamada simulcast (ver sección 3.5.6), lo cual permitirá que las señales emitidas por la estación sean recibidas tanto por receptores analógicos como por los receptores digitales modernos. Esto mientras dure la etapa de migración, pues luego de esta, la transmisión sería puramente digital.

Dentro de los métodos de combinación que se pueden emplear y que recomiendan los creadores del sistema DRM [17], por la facilidad de integración al sistema analógico actual de Radio Universitaria, y por la menor inversión económica, se ha optado por emplear el método de Combinación por Acoplamiento de Antenas, el cual consiste básicamente en producir las señales tanto analógicas como digitales, de forma separada, y añadir un filtro pasabanda a la salida del transmisor analógico, para así lograr espaciar espectralmente la señal analógica de la digital, es decir para lograr el desplazamiento de frecuencia que garantice una coexistencia análoga/digital, sin interferencias. Esto se ejemplifica de mejor manera en el siguiente diagrama.

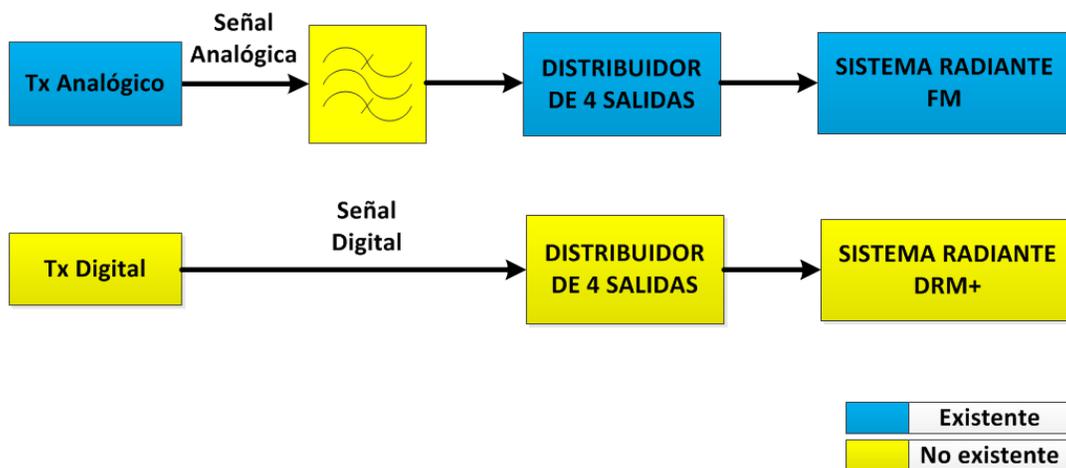


Figura 47. Esquema de Combinación por Acoplamiento de Antenas.

Fuente: [Propia]

5.4. Esquema de Radio Digital Universitaria 98.5 FM

Visualmente el diagrama que se presenta a continuación no difiere mucho del diagrama que se presentó en la sección 4.9 pues a este último básicamente se le agrega un enlace digital (sección 5.7), que permite como es de suponer, el transporte digital de los contenidos que forman parte de la transmisión híbrida. La gran diferencia en la arquitectura nueva, con respecto a la actual, se notará principalmente en el cuarto de transmisión ubicado en el Cerro Ventanas (sección 5.5), para apreciar en forma general el sistema de transmisión híbrido, se muestra la **Figura 48**.

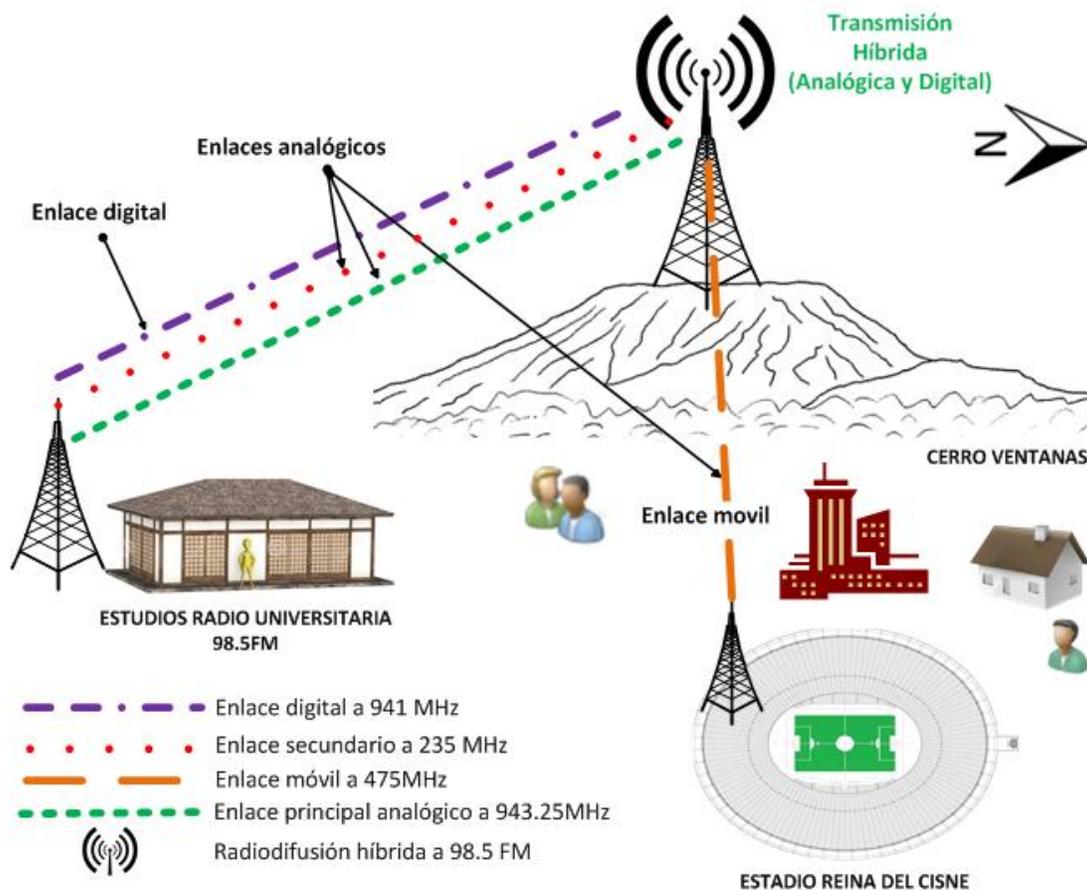


Figura 48. Diagrama general de Radio Digital Universitaria 98.5 FM, modo híbrido.

Fuente: [Propia]

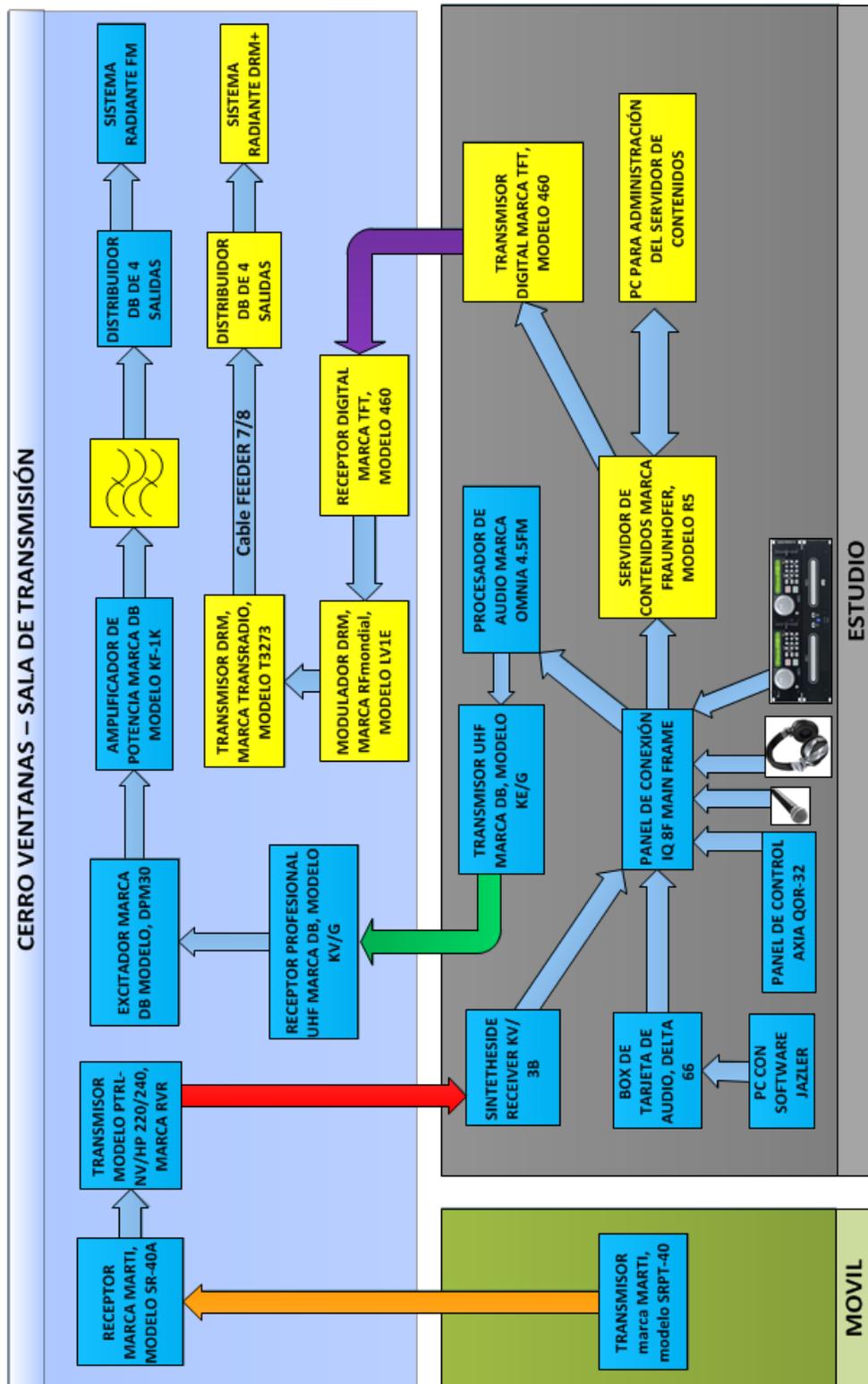


Figura 49. Arquitectura para transmisión híbrida.

Fuente: [Propia]

5.6. Servidor de contenidos Fraunhofer, modelo R5

Este equipo podría considerarse el elemento más importante dentro de un sistema de transmisión digital de audio, basado en el sistema DRM. Es un sistema que brinda al locutor todas las funcionalidades que ofrece DRM, y todas las interfaces para una integración sin problemas en el actual entorno de servicios de radiodifusión (conexiones, puertos, etc).

Su función principal es multiplexar la señal digital de audio, proveniente de una fuente de audio; con la señal que posee los datos, que conforman parte de los servicios adicionales del sistema DRM.

Para la presente arquitectura de transmisión híbrida, por la mayor cantidad de prestaciones que ofrece se ha elegido el servidor de contenido de la marca Fraunhofer, modelo R5. Este servidor de contenidos tiene como característica principal, que soporta el sistema de transmisión DRM30 y DRM+. En la **Tabla 28** se listan las principales características técnicas de este equipo, las cuales se han extraído de su datasheet, el cual se incluye en el Anexo A.



Figura 50. Servidor de Contenidos Fraunhofer, modelo R5.

Fuente: [40]

Tabla 28. Características del Servidor de Contenidos Fraunhofer R5

ContentServer R5
<ul style="list-style-type: none">• Puede alimentar simultáneamente a varios moduladores a la vez.• Codificación en tiempo real de hasta 4 flujos de audio en paralelo.• Procesa audio digital y analógico en vivo, voz sobre IP, archivos MP3, WAV.• Codificación AAC, HVXC y CELP con SBR

- Sonido 5.1 envolvente.
- Aplicaciones de datos como: mensajes de texto²⁰⁻²¹, noticias, guía electrónica de programación (EPG), canal de mensajes de tráfico, servicios de lenguaje, tipo de programa, alertas, emergencias, hora, fecha.
- Servicios de ID: lenguaje, país de origen, tipo de programa.
- Puede ligarse a sistemas AM, FM, FM-RDS, DAB.
- Puede conectarse en redundancia con otro Servidor de Contenido.
- Opción de grabación de señal de salida.
- Monitoreo en vivo de señal a través de web.
- Detección y recorte de silencios para todas las entradas de audio.
- Firewall de seguridad.
- Informe de estado de sistema a través de correo electrónico.
- Sistema de copia de seguridad y mecanismo de reconfiguración remoto y local.
- Modo MSC de 4 y 16 QAM
- Modo SDC de 4 QAM
- Modos de robustez A, B, C, D, E
- Anchos de banda de 4.5, 5, 9, 10, 18, 20, 96 KHz
- Puerto Gigabit Ethernet para administración, configuración, provisión de datos, con salida MDI/DCP
- Entrada de audio análogo estéreo, con interfaz XLR
- Entrada de audio digital, con interfaz AES/EBU²²
- Servidor profesional con tecnología Intel™ y DELL™, con software basado en Linux

Fuente: [40]

5.7. Sistema de enlace digital STL

Este sistema STL (Studio to Transmitter Link), permite llevar todo el flujo digital que sale del Servidor de Contenidos, hacia el modulador DRM. Por su bajo precio y puesto a que para el sistema híbrido que se plantea, no se requiere de elevadas capacidades de transporte se ha elegido el sistema STL, del fabricante TFT, modelo 460. A continuación se detallan las características tanto del equipo transmisor como del equipo receptor. En la **Figura 51** se muestran las características generales del sistema STL, su datasheet se incluye en el Anexo B.

²⁰ El servicio de mensajes de texto consume 80 bps en los modos de robustez A, B, C y D y 320 bps en modo de robustez E.

²¹ Usa codificación **UTF-8**- (8-bit Unicode Transformation Format) es un formato de codificación de caracteres Unicode e ISO 10646 utilizando símbolos de longitud variable.

²² AES/EBU es una interfaz de comunicación pensada para transmitir en tiempo real señales digitales de audio.

SPECIFICATIONS		
SYSTEM		
Frequency.....	940-960 MHz 450-460 MHz 200-240 MHz 1.7-1.9 GHz	
Step Size.....	12.5 kHz	
Frequency Stability.....	± 5 ppm ($\pm 0.0005\%$)	
Occupied Bandwidth.....	≤ 500 kHz (≤ 230 kHz 64QAM, 44.1 ks/s, 2-channels)	
I/O.....	AES/EBU (XLR, 110 Ω) or Analog (XLR, 600 Ω)	
Frequency Response	0.5 Hz to 22.5 kHz (48 ks/s) 0.5 Hz to 15 kHz (32 ks/s)	
Distortion.....	$< 0.005\%$ at 1 kHz	
Noise.....	> 90 dB	
Dynamic Range.....	40 dB static	
Crosstalk.....	< 80 dB	
Time Delay.....	< 1 msec	
Data Channel.....	9600 baud, 9-pin, RS-232	

Linear Channels	Sample Rate (ks/s)	Modulation Type
6	32	256QAM
4	48	256QAM
4	44.1	256QAM
4	32	64QAM
2	44.1	64QAM
2	48	16QAM
2	44.1	16QAM
2	32	8PSK

Figura 51. Características generales del sistema STL de la marca TFT, modelo 460.
Fuente: [41]

5.7.1. Transmisor digital marca TFT, modelo 460



Figura 52. Transmisor STL, marca TFT, modelo 460.
Fuente: [41]

Este equipo transmisor permite una potencia nominal de 2W, la cual es más que suficiente para el radioenlace de 4250 m, que debe realizarse hacia el Cerro ventanas desde el estudio. A continuación se muestran las principales características obtenidas de su datasheet:

TRANSMITTER	
Output Power.....	> 2 Watts (nominal) (5 Watts, 1.7-1.9 GHz, higher with external PA)
Output Impedance.....	50 Ω
Output Connector.....	Type N (female)
PC Interface.....	Front Panel 9-pin RS-232
Analog Audio Inputs.....	600/10k Ω selectable
Analog Levels.....	- 10 to + 18 dBm adjustable
AES/EBU Inputs.....	110 Ω Transformer Balanced

Figura 53. Características del Transmisor TFT modelo 460.

Fuente: [41]

5.7.2. Receptor digital marca TFT, modelo 460



Figura 54. Receptor STL, marca TFT, modelo 460.

Fuente: [41]

El equipo receptor, el cual deberá ser ubicado en la sala de transmisión, posee una sensibilidad de recepción, en función del tipo de modulación digital empleado, en la figura siguiente se indican estos valores.

RECEIVER	
Bit Error Rate at Threshold.....	< 10 ⁻⁸ for no perceptible loss
Analog Audio Outputs.....	600 Ω balanced
Analog Output Levels.....	- 10 to + 8 dBm
MECHANICAL AND ENVIRONMENTAL	
Dimensions.....	19 x 3.5 x 17, in. 48.3 x 8.9 x 43.2, cm (19 x 5.25 x 19, in. 1.7-1.9 GHz 460 Tx) (48.3 x 13.3 x 48.3, cm 1.7-1.9 GHz Tx)
Weight.....	26 lbs. (11.8 kg)

Modulation	Sensitivity
256QAM	63 μ V (-71 dBm) 6 channels 56 μ V (-72 dBm) 4 channels
64QAM	14 μ V (-84 dBm)
16QAM	10 μ V (-87 dBm)
8PSK	10 μ V (-87 dBm)

Figura 55. Características del Receptor TFT modelo 460.

Fuente: [41]

5.7.3. Sistema radiante para el enlace digital STL

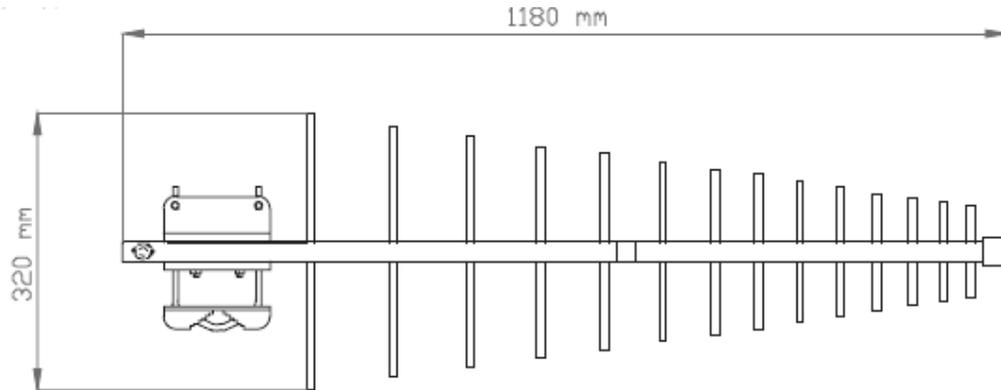


Figura 56. Antena Log-periódica de 12dB marca DB
Fuente: [42]

Por tratarse de un radioenlace directivo, se ha elegido emplear dos antenas de tipo log-periódica con 12 dB de ganancia, este tipo de antena se muestra en la **Figura 56**, cuyas características se resumen en la **Tabla 29**.

Tabla 29. Especificaciones antena Log-periódica de 12dB, marca DB.

Frequency Range	850 - 1020 MHz
Bandwidth	Broadband
Polarization	Horizontal or Vertical
Connector	N female
Max. power handling capability	300 W
Gain (at mid band, ref. to $\lambda/2$ dipole)	12 dBd
Impedance	50 Ω
Front to back ratio	>20 dB
Wind load (ref. 150 Km/h):	
Frontal	14 Kg
Lateral	12 Kg
Grounding	Via clamps
Horizontal Beamwidth (at -3 dB, at mid band)	25°
Vertical Beamwidth (at -3 dB, at mid band)	35°
Number of radiating elements	14
Material	Aluminium
Pole diameter	25 - 55 mm (others on request)
Dimensions (HxL)	1180x320 mm
Weight	0.715 kg

Fuente: [42]

En la **Figura 57**, se muestran los patrones de radiación, tanto horizontal como vertical, de estas antenas.

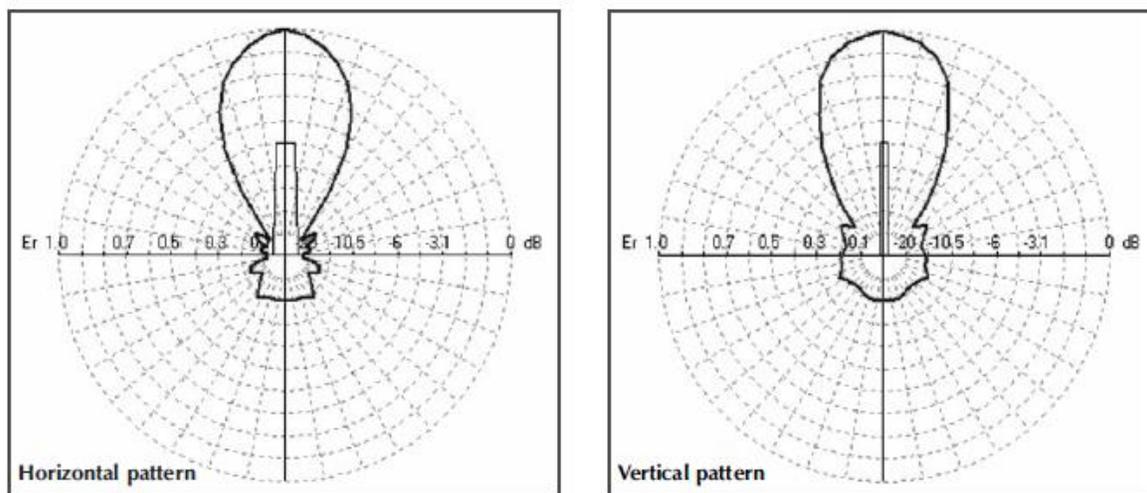


Figura 57. Patrones de radiación de la antena Log-periódica de 12dB, marca DB.

Fuente: [42]

5.7.4. Simulación enlace digital STL marca TFT, modelo 460

Por la importancia de este enlace, que será el encargado del transporte de todo el flujo digital que sale del Servidor de Contenidos hacia el modulador DRM, se ha visto conveniente realizar una simulación del mismo. Sin embargo los resultados son de esperarse, pues al tener que cubrir las misma trayectoria y distancia (4250m) que el enlace principal analógico (sección 4.6), y añadiendo la ventaja de tratarse de un enlace digital, no debería presentar ninguna complicación. Para efectos de diseño se ha elegido una frecuencia central para este enlace de **941 MHz**, frecuencia que deberá ser solicitada por los responsables de Radio Universitaria 98.5 FM. Esta frecuencia se encuentra dentro del rango asignado para enlaces radioeléctricos para servicios de radiodifusión sonora, según consta en el Plan Nacional de Frecuencias 2012 [6].

En la **Tabla 30** se resumen los principales parámetros bajo los cuales se realizara la simulación del enlace digital.

Tabla 30. Parámetros para simulación de enlace digital STL a 941 MHz.

Estudio	Ventanas
Ganancia de la antena: 14.15 dBi	Ganancia de la antena: 14.15 dBi
Altura de la antena: 12m	Altura de la antena: 15m
Potencia: 1.5 W	Sensibilidad: 10uV/m, con modulación 16QAM.
Latitud: 04°02'17.04"S	Latitud: 04°01'51.11"S
Longitud: 079°12'26.26"W	Longitud: 079°14'39.00"W

Fuente: [Propia]

En la **Figura 58**, se aprecia el enlace digital STL simulado, para ello se ha hecho uso del software de simulación XIRIO online, para esta simulación por las características del enlace, el software ha empleado el método de cálculo determinado en la recomendación ITU-R P.526-11.

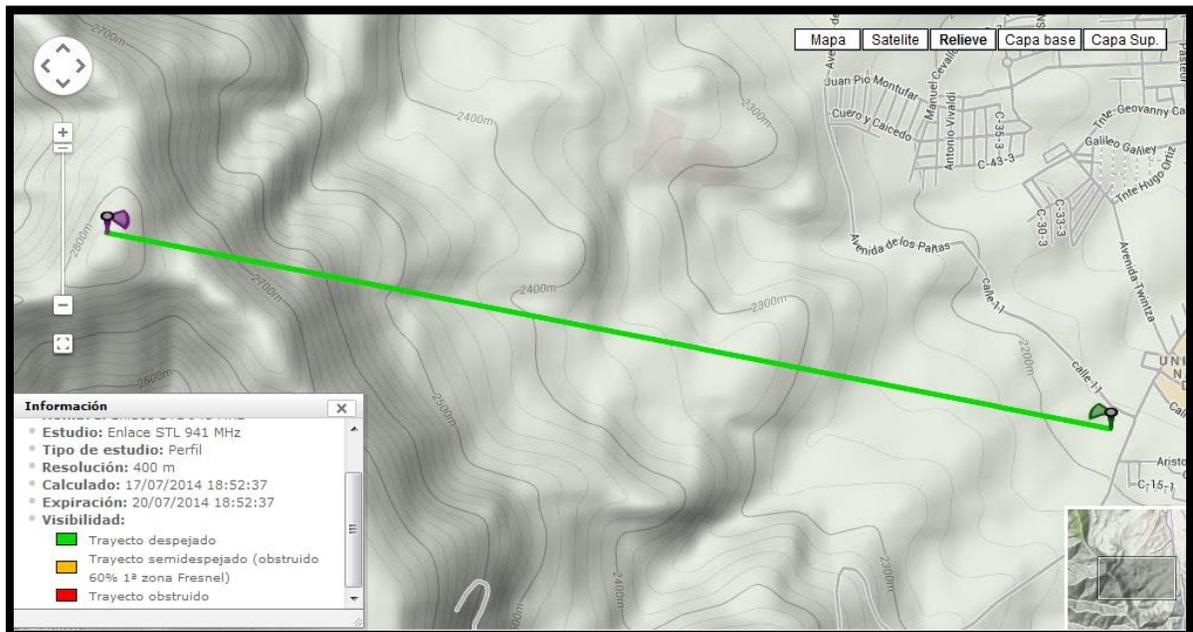


Figura 58. Simulación enlace digital STL.

Fuente: [35]

En base a la leyenda que consta en la **Figura 58**, podemos concluir que el enlace cumple con el criterio técnico de respeto a por lo menos el 60% de la primera zona de Fresnel, de la misma manera, en base a la **Figura 59**, podemos concluir que el valor de intensidad de campo medido en el receptor se encuentra dentro del rango de sensibilidad del mismo.

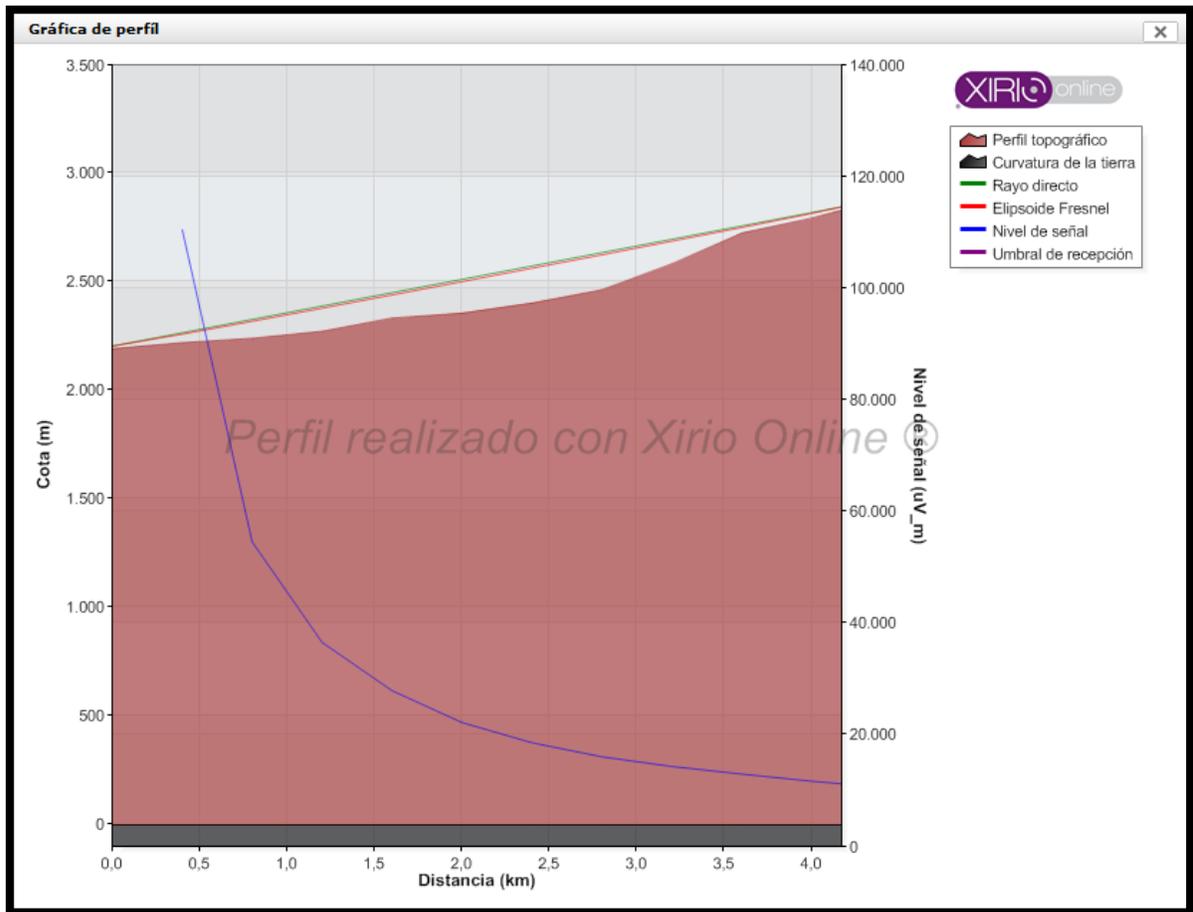


Figura 59. Perfil del enlace digital STL.
Fuente: [35]

5.8. Modulador DRM marca RFmondial, modelo LV6m

La función del generador DRM es convertir la señal digital producida por el servidor de contenidos y que posee de forma multiplexada el audio como también los servicios adicionales, a la señal COFDM, la cual posteriormente se enviará al transmisor quien elevará la potencia de la señal y a su vez la enviara al sistema radiante. Este equipo modulador que se plantea está exclusivamente fabricado para funcionar con el sistema DRM+ (banda II, 88 a 108 MHZ) mas no con el sistema DRM30.



Figura 60. Modulador DRM marca RFmondial, modelo LV6m.
Fuente: [43]

A continuación se muestra un resumen de las principales características de este equipo, las cuales se han obtenido de su datasheet, el cual se incluye en el Anexo C.

Tabla 31. Características modulador DRM, marca RF mundial LV6m.

Modulador DRM marca RFmondial, modelo LV6m
<ul style="list-style-type: none"> • Modo de robustez E • Ancho de banda de 96 KHz. • Modulación DRM desde interfaz MDI/DCP • Modo MSC de 4 y 16 QAM. • Modo SDC de 4 QAM. • Protección Desproporcional contra Errores (UEP) y Protección Proporcional contra Errores (EEP). • Funcionamiento fiable (sin interrupciones, sin acumulación de retraso). • Fuentes de reloj: NTP, GPS/Glonass/Galileo, sincronización adaptativa con MDI, y externa 10MHz. • Configuración via: Interface WEB, Ethernet, display LCD, RS232, RS485, SNMP. • Soporte para redes SFN y MFN. • Conexión de entrada fiable: flujo de entrada MDI / DCP con protección de datos, fragmentación y transporte. • Multi-MDI: capacidad de recepción de dos flujos MDI redundantes. Con seguimiento de los flujos y conmutación automática por seguimiento de error, si el flujo principal falla.

Fuente: [43]

5.9. Transmisor DRM marca Transradio, modelo T3273

Los transmisores vienen en rangos de potencias que van desde los 250 W hasta llegar incluso a los 600 KW, lógicamente estos últimos tienen un precio mucho más alto, es así que por cuestiones de factibilidad económica, y porque la Radio Universitaria no requiere

de gigantescas potencias de transmisión, se ha optado por un transmisor de la marca TRANSRADIO, modelo T3273, con un potencia nominal de 1 kW, este transmisor, entre otros, es recomendado por el Consorcio DRM, creadores del sistema DRM+. En la **Figura 61**, se muestra una imagen referencial del mismo.



Figura 61. Transmisor DRM marca TRANSRADIO, modelo T3273.

Fuente: [44]

En la **Tabla 32** se muestra un resumen de las principales características que provee el fabricante mediante su datasheet, el mismo que se adjunta en el Anexo D.

Tabla 32. Características del transmisor DRM marca Transradio T3273.

Transmisor DRM marca Transradio, modelo T3273
<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos de protección contra sobretensiones, fallo de ventilador y temperatura excesiva • La salida máxima de potencia se entrega por cuatro amplificadores de 250 W, conectados en paralelo por tres combinadores 2:1. • Cada amplificador de 250W está equipado con un filtro de armónicos. • Potencia de salida RF ajustable de forma continua entre 200-1000 W en pasos de 1 W. • Diseño compacto y de fácil mantenimiento. • Refrigeración por aire reciclado. • Opción de combinación de transmisores en paralelo. • Codificador estéreo integrado con limitador de desviación. • Interfaces de configuración: RS232, Relay, SNMP y HTTP • Modo de operación: mono, estéreo, MPX, (L+R)/2

Fuente: [44]

En la **Tabla 33**, se muestra una ampliación de estas características.

Tabla 33. Características adicionales Tx Transradio modelo T3273

RF output connector	N, 50 Ω
Remote interfaces	Standard: RS232 Option: Relay, BITBUS, SNMP or HTTP
Operating mode (freely selectable)	Mono, stereo, MPX, (L+R)/2
Number of preset frequencies	6
AF patching for the left- and right channel	Option, LEMO-Triaxial
Level controller for 40 kHz deviation	- 5.25 dBm ... + 12.5 dBm, in 0.25 dB steps
Setting accuracy	≤ 0.1 dB
Pilot tone level adjustable	- 25 dBu ... - 5 dBu
RDS input level adjustable	- 23 dBu ... - 9.5 dBu
SCA input level adjustable	- 23 dBu ... - 9.5 dBu
Preemphasis (on/off switchable)	25, 50, 75 μ sec
Cooling	Internal fan
Operational in the temperature range	- 10° C ... + 50° C
Humidity	to 95 %, without dew
Dimensions W x H x D in mm	483 x 396 x 370
Weight	31 kg

Fuente: [44]

5.10. Distribuidor Broadband marca DB de 4 salidas

Como distribuidor de potencia hacia el sistema radiante se podrá usar el mismo divisor de potencia que se usa en la actual arquitectura de radiodifusión analógica. Es decir un Distribuidor Broadband marca DB de 4 salidas (ver sección 4.9.3), ya que el arreglo que se usara como sistema radiante está conformado por un arreglo lineal de 4 dipolos.

5.11. Sistema Radiante Kathrein

Como sistema radiante se empleara un arreglo lineal de 4 dipolos de la marca Kathrein, con una ganancia individual de 2dBd. **En la Figura 62**, se muestra una imagen de un dipolo, junto a sus patrones de radiación.

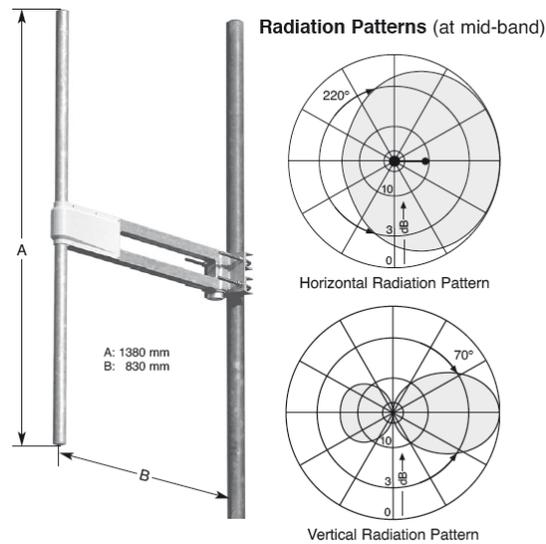


Figura 62. Dipolo Kathrein de 2dBd y sus patrones de radiación.

Fuente: [45]

En la **Tabla 34**, se muestran las características que provee el fabricante en su datasheet.

Tabla 34. Características del dipolo Kathrein de 2 dBd.

Order No.	762 943	763 715	775 130
Input	7-16 female	7/8 EIA-flange	1 5/8 EIA-flange
Max. power	3 kW	5 kW	10 kW
Frequency	87.5 – 108 MHz		
VSWR	s < 1.3		s < 1.25
Gain (at mid-band)	2 dBd		
Impedance	50 Ω		
Polarization	Vertical		
Weight	13 kg		22 kg
Wind load (at 160 km/h)	frontal: 115 N lateral: 220 N	165 N 340 N	
Max. Wind velocity	225 km/h		300 km/h

Fuente: [45]

Al igual que en el sistema radiante para radiodifusión analógica, para el sistema de radiodifusión digital se empleará un arreglo lineal de cuatro dipolos, así pues la ganancia total del sistema radiante se calcula en el siguiente apartado.

5.11.1.1. Cálculo de la ganancia total del sistema radiante

Al igual que en la sección 4.9.4.1, para calcular la ganancia total del arreglo lineal, se emplea la **Ec. 1**:

$$G_T = G_A + 10 * \log(A_T)$$

Donde:

G_T es la ganancia del arreglo en dBd

G_A es la ganancia de la antena individual en dBd, que es de 2dBd

A_T es el número total de antenas del arreglo, que es de 4

Así:

$$G_T = 2dBd + 10 * \log(4)$$

$$G_T = 2dBd + 6$$

$$\mathbf{G_T = 8dBd}$$

$$\mathbf{G_T = 10.15dBi}$$

5.12. Filtro Pasa banda Kathrein modelo 728-726

Como se plantea en la nueva arquitectura de Radio Digital Universitaria de la **Figura 49**, se requiere añadir un filtro pasabanda a la salida del transmisor analógico, para así lograr espaciar espectralmente la señal analógica de la digital, es decir para lograr el desplazamiento de frecuencia que garantice una coexistencia análoga/digital sin interferencias, que permita el simulcast (sección 3.5.6.).

Para la presente arquitectura se ha elegido el filtro pasa banda de la marca Kathrein, que opera en frecuencias desde los 87.5 hasta los 108 MHz, y soporta potencias de hasta 3kW. A continuación se muestra una imagen referencial del mismo. En la **Figura 63**, se muestra una imagen referencial del mismo.



Figura 63. Filtro Pasa-banda Kathrein modelo 728-726.

Fuente: [46]

A continuación se presentan las principales características del equipo, según consta en su datasheet, el cual se incluye en el Anexo E.

Tabla 35. Características Filtro Pasa-banda Kathrein modelo 728-726.

Type No.	728 726
Frequency range	87.5 ... 108 MHz
Insertion loss (1)	< 0.25 ... 0.5 dB
VSWR	< 1.1 (at pass band)
Impedance	50 Ω
Input power	max. 3 kW
Temperature range	-20 °C ... +50 °C
Connectors	7/8" EIA-flange
Material	Aluminium (outer conductor) Brass, silver-plated (inner conductor)
Colour	RAL 7032 (grey)
Weight	55 kg
Dimensions (l x w x h)	680 mm x 220 mm x 1320 mm
Packing size (l x w x h)	720 mm x 300 mm x 1500 mm

Fuente: [46]

5.13. Parámetros a considerar para la operación del nuevo sistema

Son varios los parámetros que deberán ser considerados y configurados por el operador del sistema, esto con el fin de lograr una operación óptima de todo el sistema de radiodifusión digital híbrido. En todo este apartado se abordarán los principales parámetros a considerarse.

5.13.1. Potencia señal analógica/digital

Según recomiendan los creadores del sistema DRM, para el modo de robustez E (DRM+) que es el empleado para la transmisión en la banda II (88-108MHz), se debe mantener un valor de ΔP (diferencia de potencias entre señal analógica y digital) en un rango de 6dB a 10dB, este valor es inversamente proporcional al valor de Δf (espaciamiento frecuencial entre señal analógica y señal digital) [17] [30].

Es decir cuando la asignación de ancho de banda permita elevar el valor de Δf , entonces se podrá reducir la relación de potencias ΔP . Para entender de mejor manera la relación entre ΔP y Δf , se presenta la **Figura 64**.

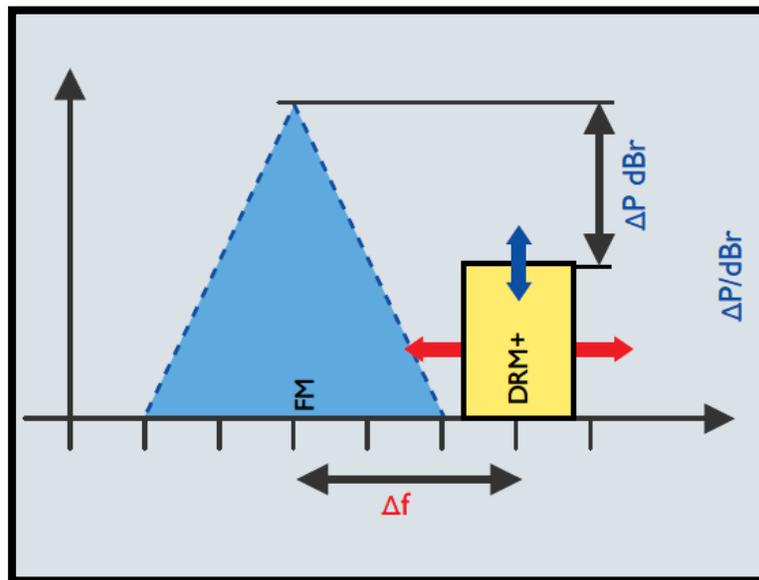


Figura 64. Relación de potencias analógica y digital en simulcast para DRM+.

Fuente: [17]

Para efectos de simulación se tomará $\Delta P = 6\text{dB}$ en adimensional sería 3.98. Con este valor podemos calcular cual sería la P.E.R de la señal digital, como se muestra a continuación:

$$\frac{P_{analógica}}{P_{digital}} = \mathbf{3.98} \quad (\text{Ec. 3})$$

La potencia de la señal analógica que actualmente se envía el amplificador marca DB modelo KF-1k al sistema radiante, es de 200W, así:

$$P_{digital} = \frac{P_{analógica}}{3.98}$$

$$P_{digital} = \frac{200W}{3.98}$$

$$\mathbf{P_{digital} = 50.25W}$$

Este valor de la señal digital de 50.25W, será el que deberá enviar el transmisor DRM marca TRANSRADIO, modelo T3273 al sistema radiante. Para mantener el valor de ΔP en aproximadamente 6dB, que es la relación de potencias analógica/digital, mínima recomendada por el creador el sistema DRM+ [17].

5.13.2. Frecuencia de la señal digital

Como se vio en la sección anterior (5.13.1) para poder coexistir las señales en un sistema de transmisión híbrido, estas deben tener una relación de potencias ΔP de mínimo 6dB. Para el caso de la separación en frecuencia de estas señales, el parámetro que debe definirse es Δf , el cual se considerará para efectos de simulación en un valor de 150kHz, con lo cual la frecuencia de la nueva señal digital quedará desplazada a la frecuencia de 98.65 MHz, manteniendo la actual frecuencia central de la señal analógica. Esta nueva asignación se ejemplifica de mejor manera en la **Figura 65**.

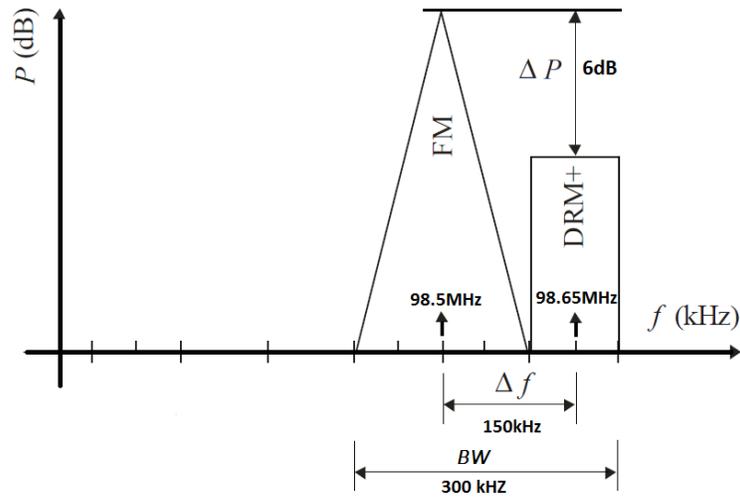


Figura 65. Frecuencia central de la señal digital, en modo híbrido.

Fuente: [Propia]

Como se puede observar en la **Figura 65**, el modo de transmisión híbrido, requiere un ancho de banda mayor al normalmente asignado a las estaciones que según consta en la norma técnica reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica en el Ecuador [4], es de 200kHz, con bandas de protección de 100kHz a ambos lados. Para una convivencia híbrida en la etapa de migración digital, es necesario hacer uso de esas bandas de protección. Ello conlleva una reforma en la base legal sobre la que se sustentan los servicios de radiodifusión en el país. Esto sería necesario durante la etapa de transición, luego de esta, al ya no existir las señales analógicas, ese espacio del espectro que queda libre podría servir para dar cabida a nuevas estaciones, o incluso para que la misma estación sea capaz de enviar más de un contenido, como en el caso del sistema DRM, que permite que una misma estación envíe hasta 4 programas diferentes en un ancho de banda de 400kHz.

5.13.3. Alineación de los dos sistemas radiantes

Para cumplir con el método de combinación por acoplamiento de antenas, los dos sistemas radiantes deben estar idealmente en el mismo mástil y en la misma alineación, deben tener patrones de radiación similares (razón por la que se eligió el sistema radiante de la sección

5.11) con el fin de preservar la relación de potencias ΔP entre las señales analógicas y digitales.

Desde el punto de vista energético, esta es la forma más eficiente de aplicar una disposición de modo combinado por acoplamiento de antenas, sin embargo este modo no garantiza que el nivel de potencia entre transmisión analógica y digital permanezca absolutamente constante, por las condiciones de recepción de trayectoria múltiple. Este concepto de alineamiento de los sistemas radiantes se muestra de mejor manera en la **Figura 66**.

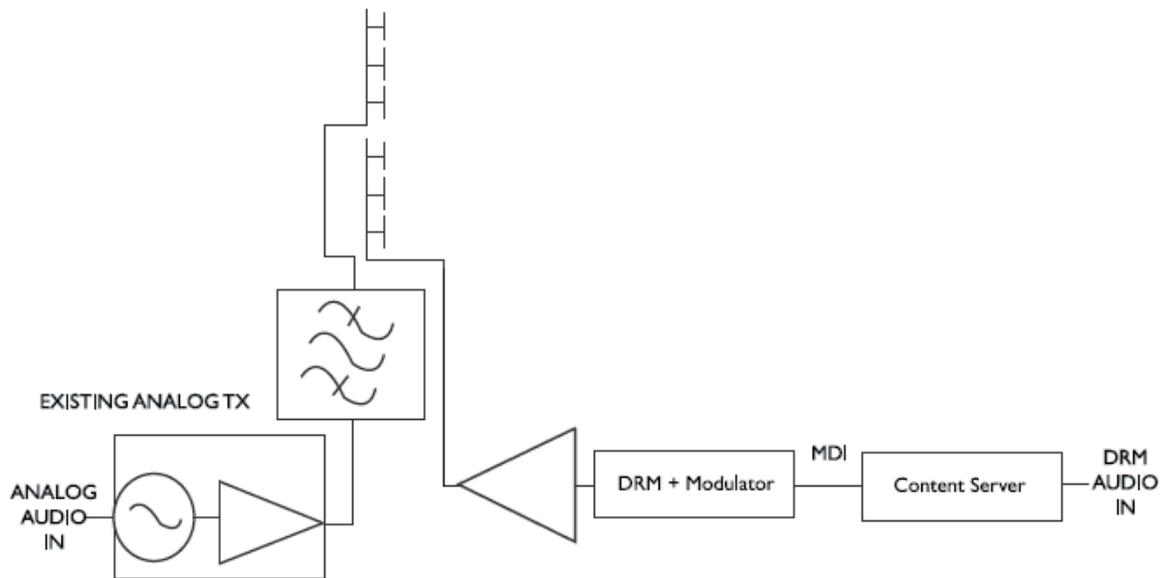


Figura 66. Alineamiento de antenas para el método de combinación a emplearse.
Fuente: [17]

5.13.4. Potencia mínima en recepción

La recomendación UIT-R-BS.1660-6²³ [47] da un precepto sobre cuál sería la potencia mínima que deberían recibir los receptores de radio digital, para decodificar correctamente la señal, este valor depende básicamente del tipo de modulación empleado y del tipo de receptor (fijo, portátil, móvil). A continuación en la **Tabla 36**, se presentan los parámetros mínimos de recepción, en función del tipo de modulación y el tipo de receptor.

²³ Bases técnicas para la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas.

Tabla 36. Parámetros de recepción mínimos para el sistema DRM+.

Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor $P_{s, \text{mín}}$ para MAQ-4

Modo de recepción		Fijo	Portátil	Móvil
Factor de ruido del receptor	F_r (dB)	7	7	7
Nivel de potencia del ruido a la entrada del receptor	P_n (dBW)	-146,98	-146,98	-146,98
Mínima relación C/N representativa	$(C/N)_{\text{mín}}$ (dB)	1,3	7,3	5,5
Factor de pérdidas de implementación	L_i (dB)	3	3	3
Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor	$P_{s, \text{mín}}$ (dBW)	-142,68	-136,68	-138,48

Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor $P_{s, \text{mín}}$ para MAQ-16

Modo de recepción		Fijo	Portátil	Móvil
Factor de ruido del receptor	F_r (dB)	7	7	7
Nivel de potencia del ruido a la entrada del receptor	P_n (dBW)	-146,98	-146,98	-146,98
Mínima relación C/N representativa	$(C/N)_{\text{mín}}$ (dB)	7,9	15,4	12,8
Factor de pérdidas de implementación	L_i (dB)	3	3	3
Mínimo nivel de potencia a la entrada del receptor	$P_{s, \text{mín}}$ (dBW)	-136,08	-128,58	-131,18

Fuente: [47]

Este valor mínimo de potencia de recepción nos será de mucha utilidad al momento de simular la cobertura de la nueva Radio Digital Universitaria, pues éste delimitará cuáles son las zonas con cobertura relativamente aceptable. Para efectos de simulación se elegirá el menor valor de intensidad de campo para receptores fijos, considerando la modulación de menor velocidad pero de mayor robustez que es 4-QAM, siendo así, el valor mínimo de intensidad de campo que deberá considerarse, será de -142.68dBW o lo que es lo mismo 0.005pW.

5.14. Simulación de Radiodifusión Digital bajo el sistema DRM+

Para tener una percepción técnica adecuada sobre el funcionamiento de la nueva arquitectura de transmisión digital, se vuelve necesario realizar una simulación, en la cual se pueda percibir la cobertura que se tendría con un sistema de transmisión digital para la banda II de VHF (88 a 108 MHz), empleando el sistema DRM+. A continuación se listan los principales parámetros que han sido ingresados al simulador.

Tabla 37. Parámetros de simulación de sistema de radiodifusión digital.

TRANSMISOR	RECEPTOR
Ganancia de antenas: 10.15 dBi	Ganancia de la antena: 0 dBi (Rec. ITU-R-BS.1660-6)
Altura de la antena: 12m	Altura de la antena: 10m (Rec. ITU-R-BS.1660-6)
Potencia: 50.25W	Potencia mínima: -142.68dBW ó 0.005pW
Latitud: 04°01'51.11"S	Área de cobertura: Loja, Catamayo y alrededores.
Longitud: 079°14'39.00"W	

Fuente: [Propia]

En la **Figura 67**, se muestra la gráfica de cobertura, obtenida mediante el simulador Xirio, el cual usa el mismo método de cálculo que para el caso de la radiodifusión analógica (método ITU-R P.526-11), pues espectralmente ambas transmisiones se realizan en la misma banda de frecuencias. En la figura podemos apreciar como en color azul resaltan las zonas donde los niveles de potencia obtenidos están sobre los niveles mínimos que establece la ITU (Rec. ITU-R-BS.1660-6), las zonas en color rojo son aquellas donde la potencia que llega a los receptores está bajó el umbral mínimo de recepción.

En conclusión podemos decir que para una potencia de salida del transmisor digital DRM Transradio T3273, de 50.25W (que da una PER de 368.24W), se obtienen niveles de señal dentro del umbral de recepción para receptores fijos, más sin embargo estos niveles deberían mejorarse, pero para ello es necesario que se autorice una mayor PER (superior a los 1000W autorizados) a la Radio Universitaria 98.5, lo cual permitirá elevar también la potencia a la salida del Tx analógico y consecuentemente también la del Tx digital, pues como se vio en la sección 5.13.1, la potencia de la señal digital está en relación a la potencia de la señal analógica.

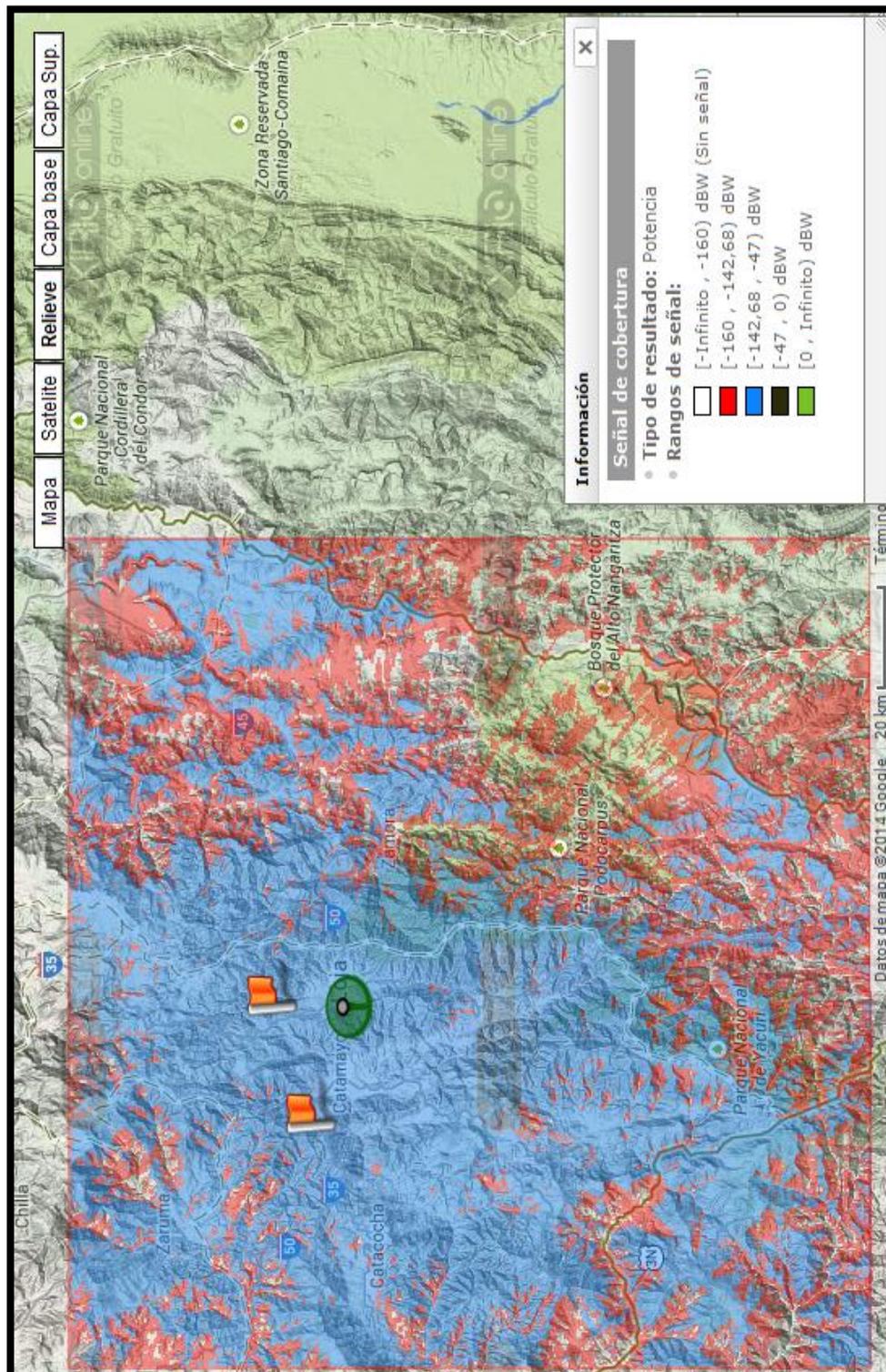


Figura 67. Gráfico de cobertura de radiodifusión digital.
Fuente: [35]

5.15. Diseño del Estudio Master

En la **Figura 68** se muestra una vista de planta del nuevo diseño que se propone para el Estudio Master, en este nuevo diseño básicamente se han reordenado los equipos con los que actualmente cuenta la Radio Universitaria 98.5 FM y se han añadido los equipos que se necesitan para permitir la operación en modo híbrido. En este nuevo diseño, se separa el Cuarto Control, del Locutorio; esto con el fin de permitir una operación más acorde a los lineamientos básicos de las estaciones de radiodifusión actuales. Incorporando un elemento humano nuevo, que es el operador de control master. En los casos donde se requiere lo que se conoce como “programas de autocontrol²⁴”, el locutor pasará al cuarto de control master y desempeñará ambas funciones. Dicho lo anterior, en la **Figura 68** se muestra una vista del nuevo diseño que se propone.

El plano completo se adjunta para mayor comprensión en el Anexo F.

²⁴ Programas en los cuales una misma persona cumple las funciones de operador y de locutor al mismo tiempo.

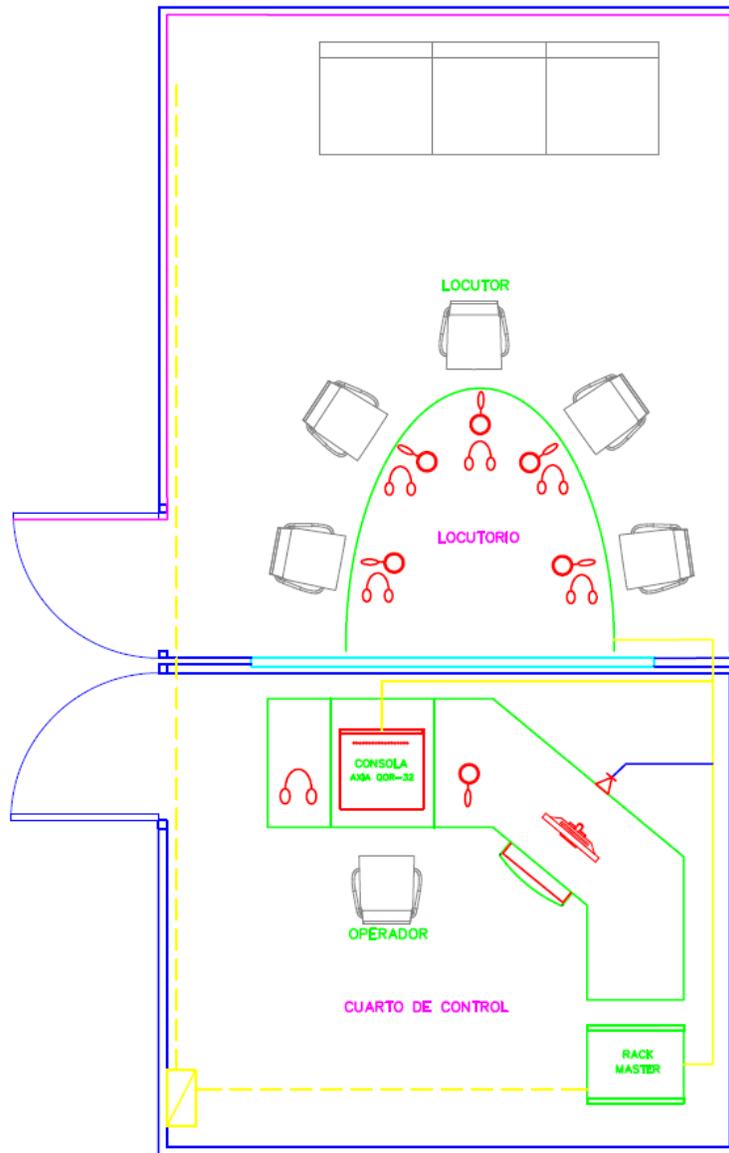


Figura 68. Nuevo diseño del Estudio Master

Fuente: [Propia]

Como se aprecia en la figura anterior, en el cuarto de control, se ha ubicado un rack, el mismo que contendrá todos los equipos necesarios para permitir el modo de operación híbrido de Radio Digital Universitaria. En la **Figura 69**, se muestra una vista frontal, de lo que sería la nueva organización de los equipos dentro del Rack Master.

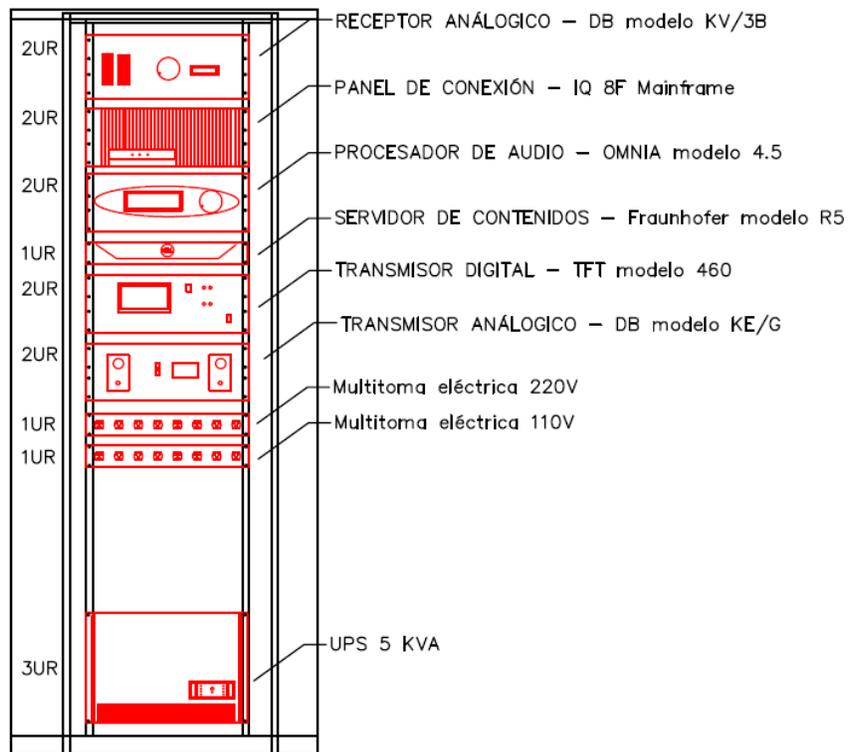


Figura 69. Vista Frontal del Rack Master.

Fuente: [Propia]

Este rack alojará todos los equipos que se emplean en la cadena de transmisión analógica, y los equipos propios del sistema de radiodifusión digital, como son el servidor de contenidos Fraunhofer R5 y el transmisor de enlace digital TFT 460.

Es importante recalcar, que en este rack se han añadido dos multitomas eléctricas, una a 110 V y otra a 220 V, puesto que algunos equipos trabajan a 110 V y otros a 220 V.

Es importante también recalcar que se plantea el uso de organizadores verticales a ambos lados del rack, el un organizador permitirá llevar los cables de alimentación eléctrica, y el otro los cables de la producción audible, esto con el fin de evitar posibles interferencias que los cables de energía eléctrica pudieran causar en los cables de la producción audible.

5.16. Diseño de la Sala de Transmisión

Al igual que se ha rediseñado el Estudio Master, es necesario también reorganizar los equipos que se encuentra en el Cerro Ventanas, en lo que se conoce como Sala de

Transmisión, aquí básicamente se han añadido dos nuevos rack's de 18 UR cada uno. Empleando cada rack para separar los equipos del sistema de radiodifusión analógico de los equipos del sistema de radiodifusión digital. En el centro de ambos rack se ha ubicado el filtro pasabanda que recogerá la señal a la salida del transmisor analógico y la llevará al sistema radiante.

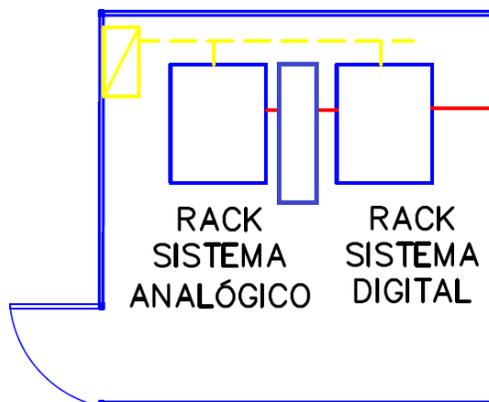


Figura 70. Vista de planta de la sala de transmisión.

Fuente: [Propia]

La figura anterior muestra tan solo una vista esquemática de planta de la sala de transmisión, en las **Figuras 71 y 72**, se muestra la distribución de los equipos tanto del sistema de radiodifusión analógico, como la distribución de los equipos de radiodifusión digital, respectivamente. Dichos rack's se encuentran en el Anexo G.

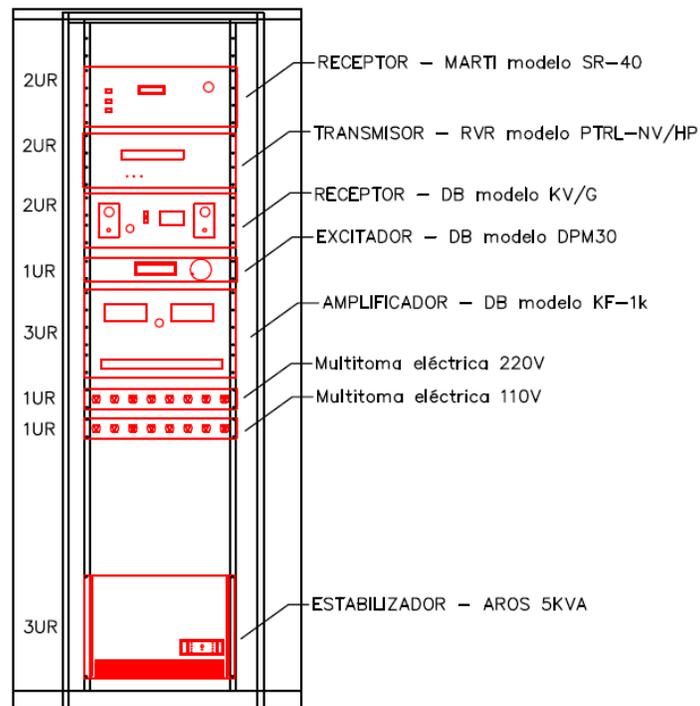


Figura 71. Vista frontal del rack del sistema analógico.

Fuente: [Propia]

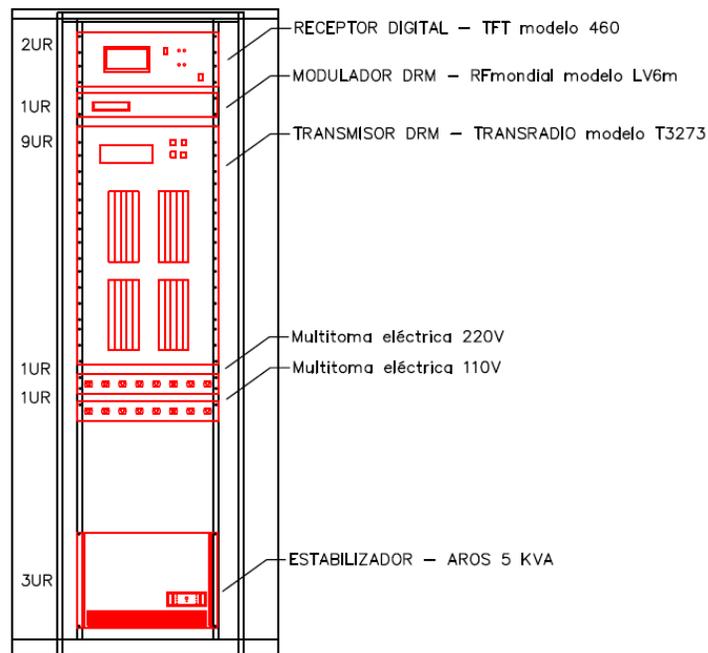


Figura 72. Vista frontal rack del sistema digital.

Fuente: [Propia]

5.17. Receptores DRM

El mercado de receptores DRM es muy variado, los más modernos permiten recibir tanto DRM30 como DRM+, algunos incluso están fabricados para ser compatibles con más de un sistema de RDT, como es el caso de algunos receptores que a más de ser compatibles con el sistema DRM son compatibles con el sistema DAB (Eureka-147). Todos los receptores son también compatibles con los actuales sistemas de radiodifusión analógicos. A continuación se muestran unos cuantos receptores digitales compatibles con el sistema DRM+.

Tabla 38. Receptores de Radio Digital compatibles con DRM+.

Chengdu NewStar Electronic (CDNSE) DR111	Himalaya DRM2009
	
Uniwave Di-Wave 100	TechniSat MultyRadio
	

Fuente: [18]

5.18. Costos de la migración al sistema Digital DRM+

En la **Figura 49**, se presentó la nueva arquitectura que debería implementarse en la nueva Radio Digital Universitaria, para permitir una transmisión híbrida, hasta la llegada del apagón analógico a la radio. En esa figura se resaltaron en color amarillo los equipos que deberían adquirirse por parte de Universidad Nacional de Loja para la implementación de dicha arquitectura, sumando a estos los costos relativos de montar el estudio master, es así que a continuación se muestra una estimación del costo total.

Tabla 39. Costos referenciales de la migración digital.

Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Mesa para consola Solydine	1	350	350
Mesa semiovalada	1	300	300
Vidrio 250x100	2	90	180
Silicón granulado x 1kg	4	20	80
Rack 18ur	3	150	450
Estabilizador Aros 5kVa	2	2500	5000
UPS Troyan 5kVA	1	600	600
Aislante acústico x 4m ²	10	25	250
Alfombra de doble aislamiento	4	100	400
Servidor de Contenidos Fraunhofer, modelo R5	1	32000	32000
Sistema STL digital marca TFT, modelo 460	1	4 000	4 000
Sistema radiante para el enlace digital STL	1	300	300
Modulador DRM marca RFmondial, modelo LV6m	1	9000	9000
Transmisor DRM marca Transradio, modelo T3273	1	21000	21000
Distribuidor Broadband marca DB de 4 salidas	1	150	150
Sistema Radiante Kathrein	1	700	700
Filtro Pasa-banda Kathrein modelo 728-726	1	9000	9000
Estudio de ingeniería	1	3000	3000
Instalación del sistema	1	3000	3000
		TOTAL	87600

Fuente: [Propia]

CONCLUSIONES

- El sistema DRM es el más recomendable para su adopción en nuestro país; por que trabaja en la misma canalización actual para los servicios de radiodifusión analógica, tanto en AM, OC y FM; porque permite transmisión híbrida (simulcast); y, porque la explotación del mismo no requiere del pago de licencias.
- El sistema DRM en su variante DRM30 permite la operación en la banda de AM, ante ello, ante la enorme saturación de la banda de FM en nuestro país, y ante el abandono por parte de los radiodifusores de la banda de AM, se vuelve una opción muy importante revitalizar y reutilizar esta banda mediante la digitalización de las transmisiones dentro de ella.
- La tecnología de radiodifusión digital y el sistema DRM en particular, permiten la creación de redes de frecuencia única (SFN), lo cual permite que un radiodifusor pueda abarcar una zona geográficamente extensa (incluso un país entero), con una misma frecuencia.
- La transmisión con técnicas analógicas tradicionales sufre problemas de degradación de la señal, que va acumulando ruidos y distorsiones en cada una de las etapas por las que atraviesa. El empleo de técnicas digitales, permite que la señal sufra menos degradaciones, ya que se incorporan métodos de corrección de errores. De esta forma, la información digital se vuelve fácilmente transportable y almacenable, utilizando menor espacio, lo que se traduce a mayor calidad de recepción fija y móvil y sobre todo un mejor aprovechamiento del espectro. Además, la radiodifusión digital requiere una menor separación entre canales. Esto presenta una serie de ventajas respecto a la radiodifusión analógica en cuanto a número de programas vs. calidad.
- Con el empleo de técnicas digitales se dispone de una mayor calidad de audio ya que el sistema es inmune a las interferencias y ecos, la calidad es relativamente uniforme en toda el área de cobertura, el audio no tiene ruido y el sonido posee una alta calidad, comparable a la de un CD en el caso del sistema DRM+.

- Con el empleo de técnicas digitales en la radiodifusión sonora, prácticamente se elimina la estática, pues el procesamiento que realiza cada receptor “inteligente” de radio permite filtrar las señales indeseables. Lo cual no es posible en los tradicionales sistema analógicos, pues un receptor analógico “no inteligente” no puede diferenciar entre la información útil y el ruido inútil, lo cual es el principal causal de estática.
- La capacidad de Simulcast (transmisión híbrida) del sistema DRM, permite a las señales digitales DRM convivir con las transmisiones analógicas actuales; esta característica es realmente útil para permitir una transición digital menos brusca, ya que brinda a los radiodifusores la capacidad de ofrecer servicios tanto para receptores analógicos como para receptores digitales. Beneficiando directamente a los oyentes, los cuales no se ven forzados a migrar de manera tajante de lo analógico a lo digital.
- La Radio Digital mejora la recepción del sonido porque se superan los efectos que la propagación multitrayecto, debida a edificios o montañas, produce en los aparatos receptores, protegiendo la información de las interferencias. Estas mejoras se consiguen mediante la transmisión con modulación COFDM, que utiliza un sistema para distribuir la información entre muchas frecuencias portadoras.
- Desde un punto de vista de la eficiencia geográfica, los actuales emplazamientos de los que dispone la Radio Universitaria, tanto en la estación matriz como en la sala de transmisión, presentan condiciones de propagación aceptables, tanto para los enlace directivos entre el estudio y la sala de transmisión, como para la radiodifusión desde el cerro ventanas, hacia la ciudad de Loja y Catamayo.
- Para una potencia de salida del transmisor digital DRM Transradio T3273 de 50.25W (PER de 368.24W), mediante simulación se obtuvieron niveles de señal dentro del umbral de recepción, acorde a los parámetros que se establecen en las bases técnicas para la planificación de radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas (ITU-R-BS.1660-6); y, respetando la mínima relación de potencias analógica/digital, que requiere el sistema DRM+.

- Para mejorar la calidad de recepción, es necesario elevar la potencia del transmisor digital, para ello es necesario también elevar la potencia del transmisor analógico, siendo esto necesario para mantener las relaciones de potencia analógica/digital. Pero para elevar dichas potencias y con ello mejorar la calidad de recepción digital es indispensable que el CONATEL autorice a la Radio Universitaria 98.5FM, el empleo de una P.E.R superior a los 1000w que actualmente puede irradiar como máximo.
- Se realizó el diseño del estudio Master, incorporando una sala de control y una sala de locución, de acuerdo a los lineamiento de la mayoría de las estaciones, lo cual permite una mejor eficiencia operacional, al tener dividida la parte de control de la parte de locución; no con esto impidiendo que estas dos funciones puedan ser desempeñadas por una sola persona en caso de requerirlo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener un valor de diferencia de potencias entre la señal analógica y la digital, en un rango que esté en función del valor del espaciamiento frecuencial de las señales analógicas y digitales, a mayor posibilidad de espaciar las dos señales, menor será el valor de diferencia de potencias que se deberá mantener.
- Para la implementación de un sistema híbrido por acoplamiento de antenas, se recomienda que ambos sistemas radiantes, estén correctamente alineados y que los patrones de radiación de los dos sistemas (analógico y digital) sean lo más parecidos posibles, esto con el fin de preservar la relación de amplitud entre las señales analógicas y digitales.
- Se recomienda que antes de implementar cualquier sistema de RDT, se considere la implementación temporal (mientras dure la transición) de un sistema híbrido de radiodifusión, que posteriormente pueda configurarse como un sistema puramente digital, como es el caso de la arquitectura que en el presente trabajo de tesis se plantea.
- A nivel de América del Sur, ningún país ha adoptado de manera oficial un sistema para RDT, es por ello que se recomienda que las autoridades ecuatorianas aúnen esfuerzos con sus homologas regionales, para probar todos los sistemas existentes y luego adoptar un mismo estándar a nivel de toda la región, con la ventaja subsecuente de la masificación del conocimiento respecto al sistema elegido y sobre todo un abaratamiento en la producción y comercialización de los equipos necesarios.
- Se recomienda que las autoridades ecuatorianas modifiquen la base legal vigente para permitir las transmisiones híbridas en un ancho de banda mayor a los 200kHz, que actualmente se asignan, transmisiones como la que se plantea en el presente trabajo de tesis, la cual necesita ocupar un ancho de banda de 300kHz.
- Se recomienda que el gobierno, una vez elegido el sistema de RDT, potencie la migración analógica-digital, mediante incentivos de carácter económico, permitiendo por ejemplo que los primeros radiodifusores interesados en migrar

digitalmente, puedan importar los equipos libres de impuestos. Lo cual sin duda incentivará a los radiodifusores a invertir en estos sistemas.

- Las autoridades de la Universidad Nacional de Loja, previo a la inversión que conlleve la implementación de un sistema de RDT, deben considerar que la Radio Universitaria 98.5FM, es una radio de servicio público, cuyos fines primordiales no son de carácter económico. Se recomienda entonces que previa a una posible inversión, se realice un análisis de factibilidad económica.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Flores, «Historadio,» 2010. [En línea]. Available: <http://historadio.blogspot.com/2011/06/las-primeras-radio-estaciones-del.html>. [Último acceso: 2 Septiembre 2013].
- [2] SUPERTEL, «La radiodifusión sonora en Ecuador,» *RADIODIFUSIÓN DIGITAL*, n° 15, pp. 3-4, Enero 2012.
- [3] L. G. Morales Reinoso y T. P. Vallejo Márquez, «Estudio comparativo de los estándares de radiodifusión digital terrena orientado a definir su aplicabilidad en el Ecuador,» Riobamba, 2012.
- [4] CONARTEL, «Norma Técnica Reglamentaria Para Radiodifusión En Frecuencia Modulada Analógica,» 10 05 2000. [En línea]. Available: <http://www.advicom.ec/userFiles/files/Norma%20Tecnica%20Fm%20CONARTEL%201999.pdf>. [Último acceso: 3 Octubre 2013].
- [5] SUPERTEL, «Resumen estadístico del N° de estaciones de radiodifusión sonora por provincias,» 06 2013. [En línea]. Available: http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/estadistica_radiodifusion_consolidado.pdf. [Último acceso: 23 Noviembre 2013].
- [6] DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO, «Plan Nacional de Frecuencias,» 2012. [En línea]. Available: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf. [Último acceso: 12 Noviembre 2013].
- [7] SENATEL, «Espectro Radioeléctrico,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>. [Último

- acceso: 2 Noviembre 2013].
- [8] ITU, «Radiocommunication,» 2008. [En línea]. Available: <http://life.itu.int/radioclub/rr/art02.htm>. [Último acceso: 2 Noviembre 2013].
 - [9] M. F. Puente Villalva, «Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital DRM (digital radio mondiale) en el Ecuador,» Sangolquí, 2005.
 - [10] Á. Cardama, L. Roca, J. Rius, J. Romeu, S. Blanch y M. Ferrando, Antenas, Barcelona: Ediciones UPC, 2002, p. 468.
 - [11] M. Delgado Cañizares, Sistemas de Radio y Televisión, Paraninfo, 2001, p. 248.
 - [12] E. Ocaña Arcos, «Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador,» Quito, 2005.
 - [13] S.R.D.T., «Sociedad de Radio Digital Terrenal,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.radiodigitalterrestre.com/>. [Último acceso: 13 Noviembre 2013].
 - [14] A. Cacay y S. Herrera, «Estudio del impacto y factibilidad sobre la digitalización integral en el ecuador del servicio de radiodifusión sonora terrestre aplicado a la empresa “La Suprema Estacion 96.1 FM”,» Cuenca, 2011.
 - [15] C. Cadena y D. Tacuri, «Estudio comparativo de los aspectos técnicos de los estándares IBOC (in-band-on-channel), DAB (digital audio broadcasting), ISDB-TSB (japan’s digital radio broadcasting) y DRM (digital radio mondiale), para su posible implementación en el país,» Quito, 2009.
 - [16] R. Funes y A. Kilmer, «Estrategia de Migración hacia los Formatos Digitales en el área de transmisión para la Industria Radiofónica en El Salvador,» San Salvador, 2008.
 - [17] DRM Consortium, «DRM Introduction and Implementation Guide,» Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://www.drm.org/wp-content/uploads/2013/09/DRM-guide->

- artwork-9-2013-1.pdf. [Último acceso: 4 Enero 2014].
- [18] DRM Consortium, «Digital Radio Mondiale,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.drm.org>. [Último acceso: 28 Enero 2014].
- [19] ETSI, «ES 201 980. Digital Radio Mondiale (DRM): System Specification,» Enero 2014. [En línea]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_es/201900_201999/201980/04.01.01_60/es_201980v040101p.pdf. [Último acceso: 28 Enero 2014].
- [20] ITU-R, «Recomendación ITU_R BS.1514 "Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de los 30 MHz",» 2001. [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1514-0-200104-S!!PDF-S.pdf. [Último acceso: 29 Enero 2014].
- [21] IEC, «International Standard IEC 62272-1,» Marzo 2003. [En línea]. Available: http://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec62272-1%7Bed1.0%7Db.pdf. [Último acceso: 1 Febrero 2014].
- [22] IEC, «International Standard IEC 62272-2,» Marzo 2007. [En línea]. Available: http://webstore.iec.ch/preview/info_iec62272-2%7Bed1.0%7Den.pdf. [Último acceso: 29 Enero 2014].
- [23] M. Salinas Ceccopieri, «Comparación de tecnologías de radio digital para su aplicación en México,» México, D.F., 2011.
- [24] World Broadcasting Unions, «Digital Radio Guide,» Noviembre 2006. [En línea]. Available: <http://www.worldbroadcastingunions.org/wbuarea/library/Docs/Public/DRG-2007.pdf>. [Último acceso: 4 Febrero 2014].
- [25] A. Apuy Mórux, «Análisis de tecnologías de radio digital terrestre y sus posibilidades de implementación en Costa Rica,» 2013.

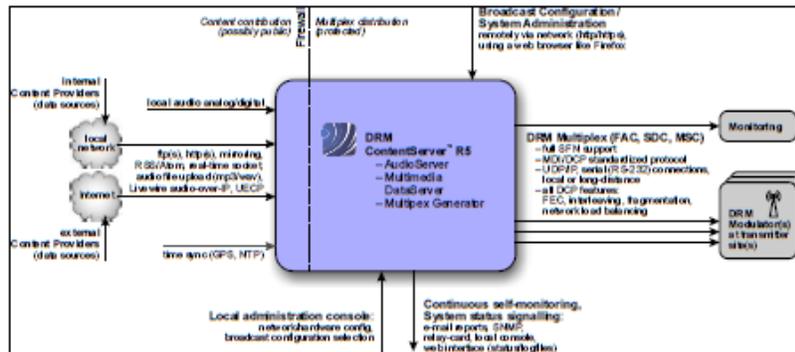
- [26] L. Vargas Reinoso, «Diseño de una radiodifusora digital en base al estándar DRM (Digital Radio Mondiale) para la banda de AM,» Quito, 2013.
- [27] J. Ruiz, «TM Broadcast,» 28 Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://www.tmbroadcast.es/index.php/la-modulacion-cofdm/>. [Último acceso: 9 Febrero 2014].
- [28] ITU, «ITU-R SM.328-10. Espectros y anchos de banda de las emisiones,» 1999. [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.328-10-199912-S!!PDF-S.pdf. [Último acceso: 26 Febrero 2014].
- [29] ETSI, «EN 302 018-1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters; Transmitting equipment for the Frequency Modulated sound broadcasting service.,» Diciembre 2005. [En línea]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302000_302099/30201801/01.02.01_30/en_30201801v010201v.pdf. [Último acceso: 2 Marzo 2014].
- [30] DRM Consortium, «DRM a broadcaster's guide,» Junio 2010. [En línea]. Available: http://www.contelec.com/manuals/drm_broadcast_manual.pdf. [Último acceso: 5 Febrero 2014].
- [31] CONARTEL, «Contrato de concesión,» Quito, 2000.
- [32] UNL, «Comprobante de ingreso a inventario,» Loja, 2014.
- [33] DB Elettronica Telecomunicazioni S.A, «Digital Broadcast,» [En línea]. Available: www.dbbroadcast.com. [Último acceso: 5 Mayo 2014].
- [34] Global Connectivity, «L-com,» [En línea]. Available: <http://www.l-com.com/wireless-antenna-900-mhz-14-dbi-heavy-duty-yagi-antenna-n-female-connector>. [Último acceso: 5 mayo 2014].
- [35] XIRIO Online, «Simulación profesional de cobertura radioeléctrica online,» 2014.

- [En línea]. Available: <http://www.xirio-online.com>. [Último acceso: 8 Junio 2014].
- [36] BE, «Broadcast Electronics,» [En línea]. Available: <http://www.bdcast.com>. [Último acceso: 9 Junio 2014].
- [37] RVR, «Broadcast Equipment,» [En línea]. Available: <http://www.rvrusa.com/>. [Último acceso: 10 Junio 2014].
- [38] PROCOM, «VHF-DP-Array,» [En línea]. Available: <http://www.procom.dk/esl/productos/antenas-de-estacion-base/144-175-mhz/antenas-dipolo/vhf-dp-array>. [Último acceso: 10 Junio 2014].
- [39] ITU-R, «ITU-R BS.412-9 Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas.,» Diciembre 1998. [En línea]. Available: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.412-9-199812-I!!PDF-S.pdf. [Último acceso: 15 Junio 2014].
- [40] Fraunhofer IIS, «Fraunhofer DRM ContentServer R5,» 2014. [En línea]. Available: http://www.rfmondial.com/fileadmin/downloads/Specification_Fraunhofer_ContentServer_Stand-alone.pdf. [Último acceso: 8 Junio 2014].
- [41] TFT Inc, «Uncompressed Digital STL,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.tftinc.com/products/datasheets/stl460-467.pdf>. [Último acceso: 10 Junio 2014].
- [42] DB, «UHF microwave links antenna,» 2014. [En línea]. Available: http://www.dbbroadcast.com/uploads/assets/files/LOG_GHz.pdf. [Último acceso: 13 Junio 2014].
- [43] RFmondial, «Specification RFmondial LV DRM Modulator,» 2014. [En línea]. Available: http://www.rfmondial.com/fileadmin/downloads/Specification_RFmondial_LV_DRM_Modulator.pdf. [Último acceso: 14 Junio 2014].

- [44] TRANSRADIO, «1000 W VHF/FM Transmitter T3273,» 2014. [En línea]. Available:
http://www.transradio.de/download/flyer/FM/327x/Sender/T3273_1000W_VHF_FM-Sender-eng.pdf. [Último acceso: 15 Junio 2014].
- [45] KATHREIN, «Professional Broadcast Antennas,» Julio 2011. [En línea]. Available:
<http://www.kathrein.de/fileadmin/media/druckschriften/99811574.pdf>. [Último acceso: 20 Junio 2014].
- [46] KATHREIN, «Combiners and Filters for FM Broadcast and TV Systems,» Febrero 2007. [En línea]. Available:
<http://www.kathrein.de/fileadmin/media/druckschriften/99810560.pdf>. [Último acceso: 20 Junio 2014].
- [47] ITU-R, «UIT-R-BS.1660-6. Bases Técnicas para la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas,» Agosto 2012. [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1660-6-201208-I!!PDF-S.pdf. [Último acceso: 24 Junio 2014].

ANEXOS

A. Servidor de contenidos marca Fraunhofer, modelo R5



1 System specification, Fraunhofer DRM ContentServer Compact Edition Stand Alone

The Fraunhofer DRM ContentServer R5 is a highly reliable professional broadcast system for Digital Radio Mondiale. The Compact Edition provides a carefully-devised selection of essential DRM functionalities to support an initial exploration of the DRM broadcasting world. It features the complete DRM Multiplex (FAC, SDC, MSC) in MDI/DCP format according to ETSI TS 102 820, ETSI TS 102 821 and ETSI ES 201 980.

Multiplex Generator

DRM30 or DRM+ product line

- 1 multiplex definition

DRM30: below 30MHz, including the SW, MW and LW bands

- Robustness modes A, B, C, D
- Spectrum occupancy 4.5, 5, 9, 10, 18, 20 kHz
- MSC modes 16 QAM, 64 QAM, and hierarchical (HMmix, HMsym)
- SDC modes 4 QAM and 16 QAM
- Interleaver length 0.4s and 2s
- EEP and UEP with all protection ratios / code rates

DRM+: above 30 MHz, incl. the VHF broadcast bands I, II (FM) and III

- Robustness mode E
- Spectrum occupancy 96 kHz
- MSC modes 4 and 16 QAM
- SDC modes 4 QAM, CR 0.5 & 0.25
- Interleaver length 0.6s
- EEP and UEP with all protection ratios / code rates

Audio Functionality

- 1 live analog, digital, Livewire, (audio over IP)
- 1 AAC encoder with SBR (mono, stereo, parametric stereo)
- All bitrates, including UEP
- All available sampling rates (12 / 24 / 48 kHz)

Multimedia Functionality

- DRM TextMessages
- Journaline®
- Import via HTML web interface

Signalling

- Dynamic reconfiguration

- Service ID, language, country of origin, programme type
- Current time and date, including local time offset
- Full Unicode / UTF-8 support (all international characters, ISO 10646)

Advanced system functionality

- Based on a reliable and secure operating system (Linux based)
- Full remote control for administration and data provision
- Remote web interface, Fraunhofer's in-place-editing technology
- SNMP remote monitoring
- Synchronization via NTP
- Continuous system self-monitoring
- System status signalling via local console, web and relays
- System backup
- 24 months of free Software Update

Upgrade capability

The system can easily be extended by additional features (see below). All additional features can be either ordered as editions or separately.

2 Hardware specification, Fraunhofer DRM ContentServer Compact Edition Stand Alone

Interfaces

- Audio: 1 balanced stereo analog input XLR, 1 AES/EBU digital input XLR
- Network: Dual-port Gigabit Ethernet for administration, configuration, data provision, MDI/DCP output

Server

- Reliable 24/7 hardware
- Intel based, professional Dell server

- Management: BMC, IPMI 2.0 compliant

Electrical

- AC input: 110-240V, 50/60Hz
- Power consumption: max. 250W, single cabled power supply
- EMC: Class A, certified in most of the countries

Mechanical

- Case: 19" 1HU, Rack mountable
- Dimension: 42 x 434 x 394 mm

- Weight: 8kg
- Temperature range: 10 - 35 °C
- Humidity: 20-80%, non-condensing

Hardware upgrade options

- Up to four stereo analogue and/or digital audio inputs
- Dry relay outputs
- Dual power supply
- Hardware / software RAID
- Hot swap hard drives
- Extended temperature range

3 System upgrade options

All additional features can be either ordered as packages (editions) or separately.

Audio encoders

- Up to 3 additional AAC encoders, MPEG Surround
- Up to 4 CELP / HVXC encoding with SBR (DRM30 only)

Upgrade to Basic Edition

- All features of the Compact Edition and
- Firewall Basic
 - Support for serial devices
 - System status and import reports via email
 - Unlimited simultaneous DRM Multiplex definitions
 - Audio input as mp3/wav, playlist
 - MPEG Surround option incl. SX Pro
 - Import via file FTP upload
 - Import from existing RSS/Atom sources (Journaline®)

Upgrade to Standard Edition

- All features of the Basic Edition and
- Firewall Professional
 - SNMP monitoring & reconfiguration
 - SFN Timing Support (Single Frequency Network)
 - Synchronization via GPS (see list of supported models) or NTP
 - AFS – Alternative Frequency Editor
 - Broadcast Scheduler (weekly/calendar)
 - Silence/clipping detection and configuration
 - Audio input signal amplification/mp3 normalization
 - Import from existing RSS/Atom sources (TextMessages)
 - Import via live socket connection
 - Import via HTTP/FTP mirroring
 - Import from Funkhaustelegamm, UECP, Zenon, Leitungsprotokoll (TextMessages + Journaline®)
 - Automatic Scheduled Mirroring

Upgrade to Professional Edition

All features of the Standard Edition and

- System configuration remote up-/download
- Security Summary
- Emergency warnings/alerts
- Announcement support via UECP, Funkhaustelegamm, Leitungsprotokoll, HTML interface
- Live Output Monitoring (Slideshow, Text Messages, Journaline decoding)
- Multiplex MDI / MSC Stream Recording
- Extended broadcast info (detailed SDC structure and layout)
- Support for external audio encoders*
- Upload of AFS information from external sources
- MPEG Surround option incl. SX Pro
- 1 additional AAC encoder
- EPG – Electronic Programme Guide
- MOT Slideshow
- MOT Broadcast Website/
- Transparent File Transmission
- TPEG Traffic Information
- TMC – Traffic Message Channel
- PRBS Generator (sync/async)
- IP Insertion
- TDC – raw data on various protocol levels
- Support for multiple transmission priority classes
- Secure data import connections
- Monitoring of attached uninterruptible power supplies (UPS)

Developer Edition

The Developer Edition is available to support the quick and efficient development and testing of DRM receivers and broadcast equipment. The following feature set is included in the Developer Edition:

DRM+ und DRM30

- **Audio:** input as mp3/wav (no live encoding), 1 AAC encoder, MPEG Surround
- **Multimedia:** TextMessages, Journaline, EPG, Slideshow, Broadcast Website, TPEG/TMC, IP insertion, file transmission, PRBS generation, TDC
- **Multiplex:** Unlimited broadcast definitions, SFN, AFS, announcement support, live output monitoring, MDI / MSC stream recording, extended broadcast info
- **System:** Backup
- **Import:** HTML, FTP, RSS/Atom, live socket,

Special license restrictions apply to the Developer Edition:

- The system is licensed for development purposes only.
- The system must not be used for regular or commercial broadcasts on air.
- The system must not be sold or lent to any third party.

Spare System License

A spare system is a fully functional Fraunhofer DRM ContentServer standby system for backup purposes. Special restrictions apply.

B. Sistema de enlace digital STL marca TFT modelo 460

SPECIFICATIONS

SYSTEM

Frequency.....940-960 MHz
 450-460 MHz
 200-240 MHz
 1.7-1.9 GHz

Step Size.....12.5 kHz

Frequency Stability.....± 5 ppm (±0.0005)%

Occupied Bandwidth.....≤ 500 kHz
 (≤ 230 kHz 64QAM, 44.1 ks/s, 2-channels)

I/O.....AES/EBU (XLR, 110 Ω) or
 Analog (XLR, 600 Ω)

Crosstalk.....< 80 dB

Time Delay.....< 1 msec

Data Channel.....9600 baud, 9-pin, RS-232

TRANSMITTER

Output Power.....> 2 Watts (nominal)
 (5 Watts, 1.7-1.9 GHz, higher with external PA)

Output Impedance.....50 Ω

Output Connector.....Type N (female)

PC Interface.....Front Panel 9-pin RS-232

Analog Audio Inputs.....600/10k Ω selectable

Analog Levels....- 10 to + 18 dBm adjustable

AES/EBU Inputs.....110 Ω

Transformer Balanced

Linear Channels	Sample Rate (ks/s)	Modulation Type
6	32	256QAM
4	48	256QAM
4	44.1	256QAM
4	32	64QAM
2	44.1	64QAM
2	48	16QAM
2	44.1	16QAM
2	32	8PSK

Modulation	Sensitivity
256QAM	63 μV (-71 dBm) 6 channels 56 μV (-72 dBm) 4 channels
64QAM	14 μV (-84 dBm)
16QAM	10 μV (-87 dBm)
8PSK	10 μV (-87 dBm)

RECEIVER

Bit Error Rate at Threshold.....< 10⁻⁶
 for no perceptible loss

Analog Audio Outputs.....600 Ω balanced

Analog Output Levels.....- 10 to + 8 dBm

Frequency Response

0.5 Hz to 22.5 kHz (48 ks/s)

0.5 Hz to 15 kHz (32 ks/s)

Distortion.....< 0.005% at 1 kHz

Noise.....> 90 dB

Dynamic Range.....40 dB static

MECHANICAL AND ENVIRONMENTAL

Dimensions.....19 x 3.5 x 17, in.

48.3 x 8.9 x 43.2, cm

(19 x 5.25 x 19, in. 1.7-1.9 GHz 460 Tx)

(48.3 x 13.3 x 48.3, cm 1.7-1.9 GHz Tx)

Weight.....26 lbs. (11.8 kg)



MODEL 460 DIGITAL STL TRANSMITTER



MODEL 467 DIGITAL STL RECEIVER



Sound Quality Since 1970

105 Bonaventura Drive, San Jose, California 95134 U.S.A.

Telephone: (+1) 408-943-9323 Fax: (+1) 408-432-9218

<http://www.TFTInc.com>

9500-0552L 061114.001M
 Contents subject to change without notice.

C. Modulador DRM marca RFmondial modelo LV6m

1 Specification RFmondial DRM Modulator

The RFmondial DRM modulator uses the MDI-delivered radio content to produce a modulated signal conform to ETSI ES 201 980 and outputs I/Q baseband via AES/EBU.

Basis Features

- DRM modulation from MDI/DCP
- Highly reliable embedded platform
- No PC components
- High performance (MER >45dB @ >20dB difference to spectral mask)
- Proven long term stability

Modulator

DRM30: below 30MHz, including the SW, MW and LW bands.

- Robustness modes A, B, C, D
- Spectrum occupancy 4.5, 5, 9, 10, 18, 20 kHz
- MSC modes 16 QAM, 64 QAM, and hierarchical (HMmix, HMsym)
- SDC modes 4 QAM and 16 QAM
- Interleaver length 0.4s and 2s
- EEP and UEP with all protection ratios / code rates

DRM+: above 30 MHz, incl. the VHF broadcast bands I, II (FM) and III.

- Robustness mode E
- Spectrum occupancy 96 kHz
- MSC modes 4 and 16 QAM
- SDC modes 4 QAM, CR 0.5 & 0.25
- Interleaver length 0.6s
- EEP and UEP with all protection ratios / code rates

Interfaces

Input Interfaces:

- MDI/DCP via 100 Mbit Ethernet
- GPS antenna
- RS232, RS485 (optional)
- External GPS (1pps, NMEA, 10MHz) (optional)
- USB mass storage (optional)
- Onboard SD card (optional)

Output Interfaces

- 1 Digital IQ via AES/EBU XLR (48, 192kHz)
- Additional Digital IQ via AES/EBU XLR (48, 192kHz) (optional)
- RF out via BNC: 100 – 30.000kHz @ -20dBm, 30 – 230MHz @ -28 dBm to +2 dBm

Synchronization

- Reliable operation (no gaps, no delay accumulation) in all possible operating modes
- Possible clock sources: NTP, GPS/Glonass/Galileo, adaptive synchronization to MDI, external 10MHz (optional),

Configuration and monitoring

- Webinterface (via Ethernet)
- Via LCD Display
- Via RS232, RS485, SNMP (optional)

Transmission Features

- SFN (single frequency capability)
- GPS module integrated
- Glonass/Galileo module integrated (optional)
- GPS/Glonass/Galileo external inputs (optional)
- MFN: Multiple Frequency Network (one program on several frequencies)
- Spectrum Shaping: Appropriate windowing and filtering algorithms
- Crest Factor Reduction: Crest factor reduction algorithms reduce the necessary backoff in the transmitter and improve protection ratios
- Analog Co-Distribution: For combined analog/digital transmission, a fully synchronized analog audio signal is provided on an additional output (e.g. AES/EBU) with a programmable delay (optional)
- Transmit Diversity: The modulated stream is output to a second interface with a defined delay to increase reception in flat fading areas. (optional)
- Simulcast possible: AM/DRM30, FM/DRM+
- Pre-correction possible to linearize analog transmitters (optional)

Reliability & Fallback

- Reliable Input Connection: Input MDI/DCP stream with data Protection, Fragmentation and Transport (PFT) Layer
- Multi-MDI & Monitoring Failover: Reception capability of two

redundant MDI-streams. Monitoring of streams and automatic failover strategy, if primary stream fails. (optional)

- Local MDI-Backup: If MDI from input interfaces fail, a backup MDI-stream is played from local storage device and looped. (optional)

Electrical

- AC input: 110 - 240 V, 50/60 Hz
- Power consumption: <10W, passive cooling

Mechanical

- Case: Industrial 19" 1HU, Rack mountable
- Dimensions: 420 x 220 x 42 mm
- Weight: 2 kg
- Temperature range: 0 - 45 °C, extended temperature range -20°C to +70°C available
- Humidity: 20 - 80 % non-condensing

2 Ordering information

LV1m: DRM30 Modulator, AES out

LV6m: DRM+ Modulator, AES out

LV1e: DRM30 Exciter, RF out

LV6e: DRM+ Exciter, RF out

D. Transmisor DRM marca Transradio modelo T3273

VHF/FM Transmitter T3273



Highlights of the VHF/FM Transmitter T3273

- Simple and intuitive menu control via graphic display
- Service friendly design with plug-in Eurocard modules
- 19" slide-in technology of height 9 U
- All important functions and status information of the transmitter are simultaneously shown on the graphic display
- Prepared for all reserve concepts
- Directly modulated synthesizer with 10 kHz channel separation
- Integrated stereo encoder with deviation limiter
- Proven MOSFET technology of the power transistors
- Excellent reliability due to low junction temperatures of 90°C at $T(\text{ambient}) = 25^{\circ}\text{C}</math>$
- Very good quality data in with respect to unweighted- and weighted S/N ratio, stereo cross-talk, frequency response and non-linear distortion
- Protective circuits against overvoltage, fan failure, overtemperature and mismatch
- RF output power continuously adjustable between 200 W and 1000 W in 1 W steps
- The output is delivered by four 250 W amplifiers, connected in parallel by three 2:1 combiners.
- Each 250 W amplifier is equipped with a harmonic filter

Technical Data

RF output connector

Remote interfaces

Operating mode (freely selectable)

Number of preset frequencies

AF patching for the left- and right channel

Level controller for 40 kHz deviation

Setting accuracy

Pilot tone level adjustable

RDS input level adjustable

SCA input level adjustable

Preemphasis (on/off switchable)

Cooling

Operational in the temperature range

Humidity

Dimensions W x H x D in mm

Weight

N, 50 Ω

Standard: RS232

Option: Relay, BITBUS, SNMP or HTTP

Mono, stereo, MPX, (L+R)/2

6

Option, LEMO-Triaxial

- 5.25 dBm ... + 12.5 dBm, in 0.25 dB steps

≤ 0.1 dB

- 25 dBu ... - 5 dBu

- 23 dBu ... - 9.5 dBu

- 23 dBu ... - 9.5 dBu

25, 50, 75 μsec

Internal fan

- 10°C ... + 50°C

to 95 %, without dew

483 x 396 x 370

31 kg

Transmitter Power

Output power P_{RF}	1000 W
Amplifiers	4 * 250 W
Output power setting range	200 W ... 1000 W, continuous
Full power up to VSWR = 1.5	thereafter down regulation of output power

Frequency

Frequency range	87.5 MHz ... 108 MHz, in 10 kHz steps
Frequency change	< 1 sec
Frequency drift over 3 months	< 300 Hz
Setting accuracy	< 50 Hz
Middle frequency shift during modulation	0 Hz
Deviation instability	< 1 %
Warm-up time	< 5 min

Out-of-band Emission

0.2 MHz	< - 110 dBc/Hz
0.3 MHz	< - 126 dBc/Hz

Spurious Emission

Harmonic emissions	< - 80 dBc
Noise power density	< - 150 dBc/Hz

Reverse Intermodulation Products

	> 15 dB
--	---------

Input Impedance

	> 2000 Ω or 600 Ω
--	---------------------------------

Linear Distortion

Stereo cross-talk attenuation	
40 Hz ... 15 kHz	> 45 dB
Amplitude deviation	
40 Hz ... 65 kHz	± 0.1 dB
> 65 kHz ... 76 kHz	± 0.2 dB
100 kHz	- 2 dB ± 0.5 dB
Damping of the 15 kHz low-pass	
40 Hz ... 15 kHz	< 0.2 dB
at 19 kHz	> 50 dB

Non-Linear Distortion

Distortion factor 40 Hz .. 15 kHz, at 75 kHz deviation	< 0.1 % = - 60 dB
--	-------------------

Selective S/N Ratio

Mono	> 80 dB
Stereo	> 80 dB

Unweighted S/N Ratio (effective peak value)

Mono	> 72 dB
Stereo	> 72 dB
AM unweighted S/N ratio, asynchronous	> 60 dB
AM unweighted S/N ratio, synchronous	> 60 dB

E. Filtro Pasa banda Kathrein modelo 728-726

Band-pass Filter 87.5 ... 108 MHz, 3 kW

KATHREIN
Antennen · Electronic

Band-pass filter can be used

- for improving the input selectivity of receivers and amplifiers
- for increasing the isolation of transmitters whose respective antennas are close together
- for suppressing noise side bands and intermodulation products
- as a component in the construction of combiners

Design and Construction

The band-pass filter is made of three capacitively coupled, temperature stabilised resonators. The operating frequency, the coupling between the resonators and also the input and output couplings are adjustable.

Any heat produced is dissipated into the surroundings via heat sinks. The band-pass filter is convection-cooled, so no ventilators are required.

The band-pass filter must be tuned to the operating channel. Tuning may be done at our factory or can be carried out on site.

Clear tuning instructions and also any special tools necessary are part of the delivery extent.

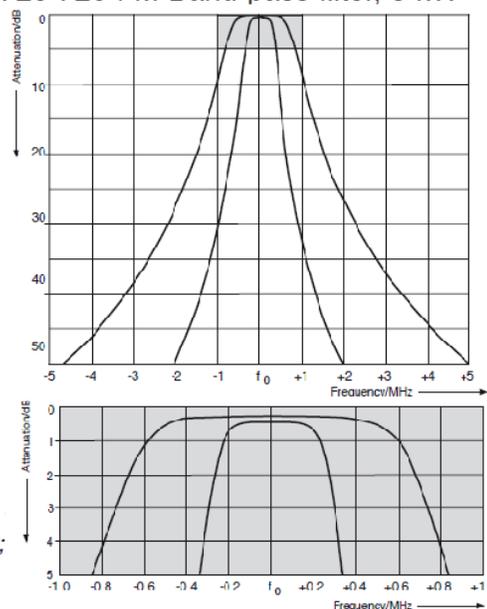


Technical Data

Type No.	728 726
Frequency range	87.5 ... 108 MHz
Insertion loss ⁽¹⁾	< 0.25 ... 0.5 dB
VSWR	< 1.1 (at pass band)
Impedance	50 Ω
Input power	max. 3 kW
Temperature range	-20 °C ... +50 °C
Connectors	7/8" EIA-flange
Material	Aluminium (outer conductor) Brass, silver-plated (inner conductor)
Colour	RAL 7032 (grey)
Weight	55 kg
Dimensions (l x w x h)	680 mm x 220 mm x 1320 mm
Packing size (l x w x h)	720 mm x 300 mm x 1500 mm

⁽¹⁾ Insertion loss value with standard tuning will be approx. 0.35 dB; referring 3-dB bandwidth is 900 kHz.

728 726 FM Band-pass filter, 3 kW



F. Plano Estudio Master

G. Plano Sala de Transmisión

H. Formularios técnicos para la implementación de solicitudes de autorización, concesión y adjudicación temporal de frecuencias de los servicios de radiodifusión sonora y de televisión abierta.



FORMULARIO PARA INFORMACIÓN GENERAL

RTV – 1
Elab.: DGGER
Versión: 01

SOLICITUD:

OBJETO DE LA SOLICITUD:	<input type="checkbox"/> AUTORIZACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> CONCESIÓN <input type="checkbox"/> ADJUDICACIÓN TEMPORAL	MEDIO DE COMUNICACIÓN SOCIAL:	<input type="checkbox"/> COMUNITARIO <input checked="" type="checkbox"/> PÚBLICO <input type="checkbox"/> PRIVADO
-------------------------	--	-------------------------------	---

SERVICIO:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	RADIODIFUSIÓN SONORA EN AMPLITUD MODULADA (AM) RADIODIFUSIÓN SONORA EN ONDA CORTA (OC) RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA (FM) RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL (DRM30) RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL (DRM+) TELEVISIÓN ABIERTA (ANALÓGICA) (TA) TELEVISIÓN ABIERTA (DIGITAL) (TDT)
-----------	---	--

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD:
 Se solicita la respectiva asignación de la frecuencia en la banda VHF, correspondiente a la banda II, canal 53 para poder iniciar con la transmisión de la señal digital de la estación Radio Universitaria 98.5 FM de la ciudad de Loja.

DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:

SOLICITANTE: GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS	NOMBRE PROPUESTO DE LA ESTACIÓN O SISTEMA: Radio Universitaria	FECHA: 29 DE JULIO DEL 2014
---	--	---------------------------------------

CERTIFICACIÓN DEL PETICIONARIO O REPRESENTANTE LEGAL
 Certifico que el presente requerimiento técnico está elaborado acorde con mis necesidades de comunicación.

APELLIDO PATERNO: Villacís	APELLIDO MATERNO: Rivas	NOMBRES: Gustavo Enrique	CARGO: Rector
--------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-------------------------

e-mail: rector@unl.edu.ec	TELEFONO / FAX: (593 7) 2547252 Ext. 101	
----------------------------------	---	--

DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.): Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa La Argelia Casilla Letra S, Av. Pío Jaramillo Alvarado	<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> FIRMA
--	---

CERTIFICACIÓN DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)
 Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva

APELLIDOS Y NOMBRES: Villavicencio Sarango Nixon David	N° DE REGISTRO EN SENESCYT:	
		<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> FIRMA

FORMULARIOS QUE SE ADJUNTAN A LA PRESENTE SOLICITUD DE CONFORMIDAD AL REGLAMENTO PARA LA ADJUDICACIÓN DE TÍTULOS HABILITANTES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MEDIOS DE COMUNICACIÓN SOCIAL PÚBLICOS, PRIVADOS, COMUNITARIOS Y SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN:

NOMBRE DEL FORMULARIO	N° FORMULARIO / (TOTAL)
FORMULARIO PARA INFORMACIÓN GENERAL	RTV-1
FORMULARIO PARA ESTUDIOS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA	RTV-2
FORMULARIO PARA SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA	RTV-3
FORMULARIO PARA ENLACES RADIOELÉCTRICOS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA	RTV-4A

FORMULARIO DE PERFILES TOPOGRÁFICOS PARA ENLACES RADIOELÉCTRICOS PUNTO-PUNTO PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN	RTV-4B
--	--------

NOTAS:

- Los formularios técnicos deben ser presentados de conformidad al Instructivo Técnico denominado: **INSTRUCTIVO DE FORMULARIOS TÉCNICOS PARA LA PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN, CONCESIÓN Y ADJUDICACIÓN TEMPORAL DE FRECUENCIAS DE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA**, publicado en la página web institucional: www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec.
- Las solicitudes para medios de comunicación social, sean públicos, privados ó comunitarios, deberán presentar adicionalmente el estudio de ingeniería con la respectiva Memoria Técnica Descriptiva con información complementaria a la solicitada en los formularios, incluyendo los catálogos de equipos y demás información técnica necesaria que sustente lo solicitado.



FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO

PT-SP-001

Elab.:
DGGST

29/07/2014

a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

PT-SP-001: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA DE CADA SERVICIO PROPUESTO Y COBERTURA

b. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO PROPUESTO

Proporcionar el soporte técnico necesario para acceder a la concesión definitiva de frecuencias para la Operación de Servicios de Radio Digital con estándar DRM+, a fin de realizar la emisión del formato DRM+ 96kHz, modo E, de la estación de Radio abierta denominada RADIO UNIVERSITARIA, manteniendo la programación generada en sus estudios.

c. ÁREA DE COBERTURA

NACIONAL		REGIONAL	SI
----------	--	----------	-----------

Si el área de cobertura es regional, con base en la aplicación de la Resolución No. 605-30-CONATEL-2006, el área de cobertura solicitada para la prestación de Servicios Portadores Regionales por parte del SOLITANTE comprende las actuales regiones de:

#	Provincia / Ciudad	SI
1	Azuay	
2	Bolívar	
3	Cañar	
4	Carchi	
5	Chimborazo	
6	Cotopaxi	
7	El Oro	
8	Esmeraldas	
9	Galápagos	
10	Guayas	

11	Imbabura	
12	Loja	SI
13	Los Ríos	
14	Manabí	
15	Morona Santiago	
16	Napo	
17	Orellana	
18	Pastaza	
19	Pichincha	
20	Santa Elena	
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	
22	Sucumbíos	
23	Tungurahua	
24	Zamora Chinchipe	

d. RESPONSABLE TÉCNICO:	NIXON DAVID VILLAVICENCIO SARANGO
--------------------------------	--

e. REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA NATURAL:	GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS
--	---------------------------------------



FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO

PT-SP-002
Elab.: DGGST
29/07/2014

a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE: GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

PT-SP-002: DESCRIPCIÓN DE NODOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS RED DE TRANSPORTE

b. NODOS PRINCIPALES (1)

Nodo Principal 1:

Nombre del Nodo:		ESTUDIOS RADIO UNIVERSITARIA			
Código Asignado al Nodo (#):		00-1			
Ubicación Geográfica					
Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Ciudad / Localidad:		
LOJA	LOJA	EL SAGRARIO	LOJA		
Dirección					
Av./Calle principal:	No.	Av./Calle intersección 1:	Av./Calle intersección 2:	Sector	Referencia
Av. Pío Jaramillo Alvarado		S/N		La Argelia	
Coordenada Geográfica LATITUD					
° (grados)	' (minutos)	'' (segundos)	Observaciones		
4	2	17,04	Sur		
Coordenada Geográfica LONGITUD					
° (grados)	' (minutos)	'' (segundos)	Observaciones		
79	12	26,26	Oeste		
El centro de gestión y operación de la red estará ubicado en este nodo principal.					
Si	X	No			
Observaciones: La producción del contenido se realiza en el estudio de Radio Universitaria					

Punto de Propagación

Nombre del Nodo:		CERRO VENTANAS			
Código Asignado al Nodo (#):		00-2			
Ubicación Geográfica					
Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Ciudad / Localidad:		

LOJA	LOJA	GUACHICHAMBO	LOJA
Coordenada Geográfica LATITUD			
° (<i>grados</i>)	' (<i>minutos</i>)	'' (<i>segundos</i>)	Observaciones
4	1	51,11	Sur
Coordenada Geográfica LONGITUD			
° (<i>grados</i>)	' (<i>minutos</i>)	'' (<i>segundos</i>)	Observaciones
79	14	39	Oeste
El centro de gestión y operación de la red estará ubicado en este nodo principal.			
Si		No	X
Observaciones: Nodo donde se realiza la Difusión o Broadcast.			

c. ESPECIFICACIONES Y DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y SOFTWARE DE TELECOMUNICACIONES A UTILIZARSE. (INCLUIR UNA COPIA DE LOS CATÁLOGOS TÉCNICOS).



PT-SP-003

Elab.:
DGGST

29/07/2014

FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO

a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:	GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS
--	--------------------------------

PT-SP-003: DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE TRANSPORTE

Adjunta la solicitud de registro correspondiente a enlaces de tipo inalámbrico con sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (Formularios de Espectro Radioeléctrico):

SI	X	NO	
Observaciones:			

Descripción de Enlaces:

ENLACES				CIUDAD	MEDIO DE TRANSMISIÓN	TECNOLOGIA	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps)	OBSERVACIONES
NODO A		NODO B						
#	Dirección	#	Dirección					
00-1	ESTUDIOS RADIO UNIVERSITARIA	00-2	CERRO VENTANAS	LOJA	INALAMBRICO	DIGITAL	2000	

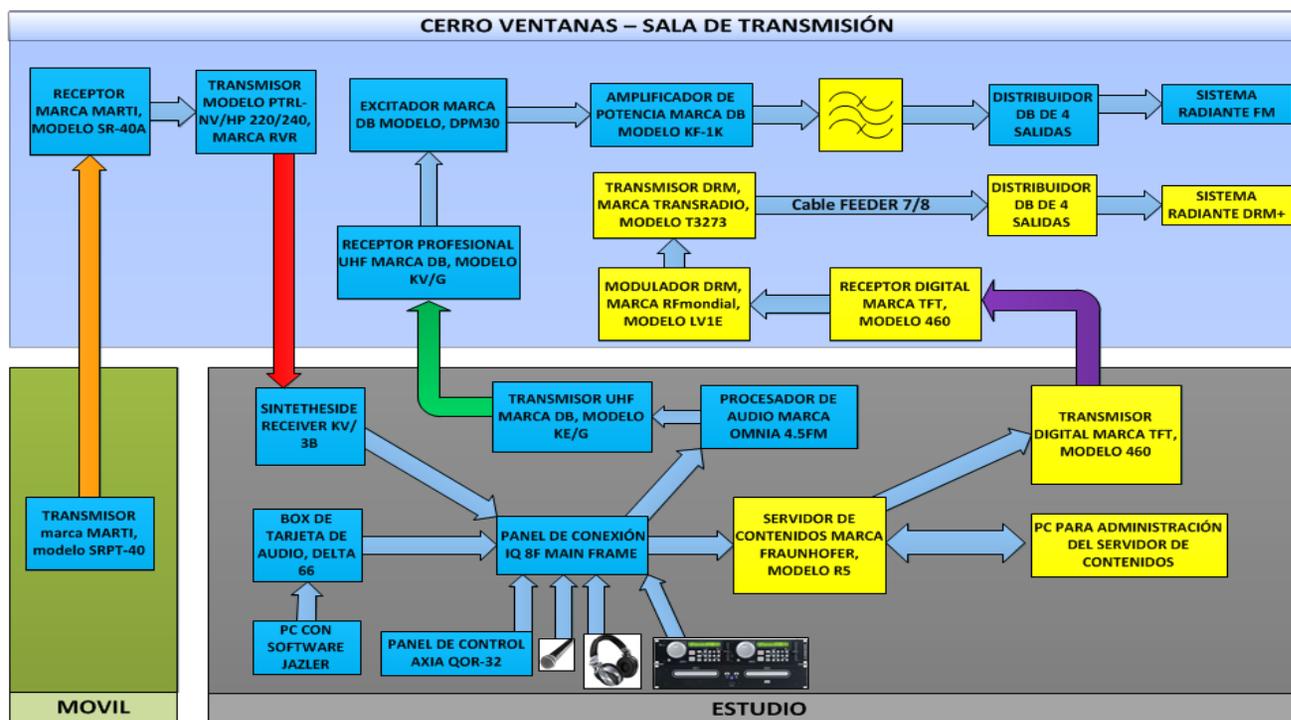
FORMULARIO PARA ANÁLISIS TÉCNICO

a. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

PT-SP-006: OTROS ANEXOS

b. DIAGRAMA FUNCIONAL DE LA RED, QUE INDIQUE CLARAMENTE LOS ELEMENTOS ACTIVOS Y PASIVOS DE LA MISMA. DESCRIBIR SU FUNCIONAMIENTO BASADO EN EL DIAGRAMA:





FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS

RC - 3B

Elab.: DGGER

Versión. 01

¹⁾ Cod. Cont:

2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

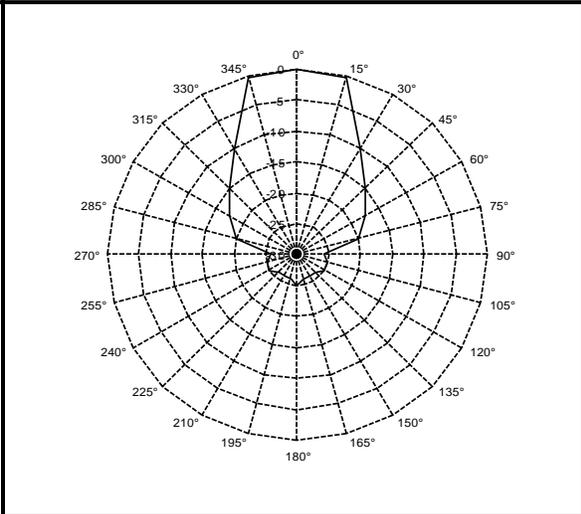
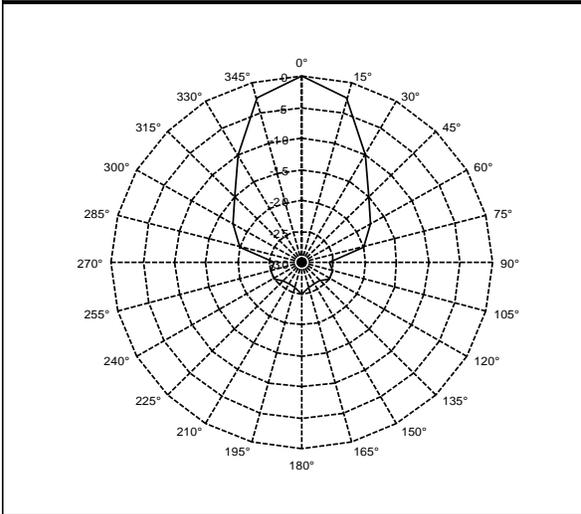
MARCA:	DB	MODELO:	Log-periódica 12dBd	TIPO:	LOG-PERIÓDICA
--------	----	---------	---------------------	-------	---------------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL \ PLANO	RADIAL																																			
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°												
HORIZONTAL	0	-2,5	-10	-15	-17,5	-20	-25,7	-25	-25	-26	-26	-26	-25	-26	-26	-26	-25	-25	-25,7	-20	-17,5	-15	-10	-2,5	0											
VERTICAL	0	-0,5	-10	-15	-17,5	-20	-25,7	-25	-25	-26	-26	-26	-25	-26	-26	-26	-25	-25	-25,7	-20	-17,5	-15	-10	-2,5	0											

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL

PATRON DE RADIACION VERTICAL



2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

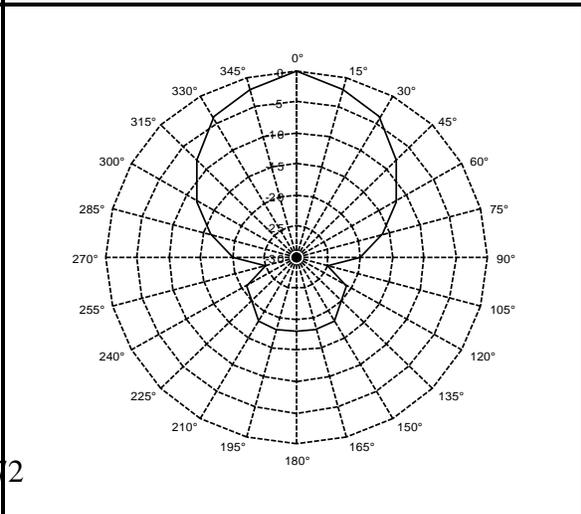
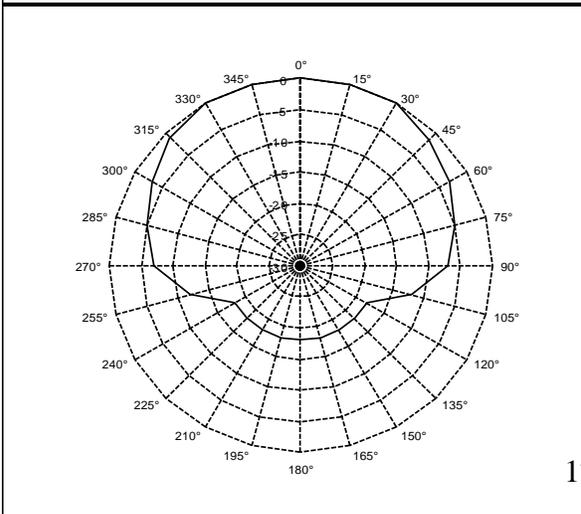
MARCA:	KATHREIN	MODELO:	KATHREIN 2dBd	TIPO:	DIPOLO
--------	----------	---------	---------------	-------	--------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL \ PLANO	RADIAL																																			
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°												
HORIZONTAL	0	0	0	-1,5	-3	-5	-7	-12	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-12	-7	-5	-3	-1	0	0												
VERTICAL	0	-2	-4	-8	-12	-16	-20	-25	-21	-20	-18	-18	-18	-18	-18	-20	-21	-25	-20	-16	-12	-8	-4	-2												

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL

PATRON DE RADIACION VERTICAL



		FORMULARIO PARA ESTUDIOS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA										RTV – 2 Elab.: DGER Versión: 01		
NOMBRE PROPUESTO DE LA ESTACIÓN O SISTEMA:			RADIO UNIVERSITARIA											
N°	TIPO DE ESTUDIO (PRINCIPAL O SECUNDARIO)	UBICACIÓN											FORMA DE TX DE LA SEÑAL	
		Provincia	Cantón	Dirección	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS84)									Altura snm [m]
					LATITUD				LONGITUD					
(°)	(')	(")	S/N	(°)	(')	(")	W							
1	PRINCIPAL	Loja	Loja	Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa La Argelia Casilla Letra S, Av. Pío Jaramillo Alvarado	4	2	17,04	S	79	12	26,26	W	2100	Enlace Radioeléctrico
NOTA: En el estudio de ingeniería debe constar el detalle y configuración de los equipos de estudio, de conformidad a lo establecido en la Norma Técnica del servicio correspondiente.														

		FORMULARIO PARA SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA										RTV – 3 Elab.: DGER Versión: 01														
NOMBRE PROPUESTO DE LA ESTACIÓN O SISTEMA:			RADIO UNIVERSITARIA																							
CARACTERÍSTICAS GENERALES			UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA											ESTRUCTURA DEL SOPORTE												
No.	MATRIZ / REPETIDORA	BANDA DE FRECUENCIAS	SITIO DE TRANSMISIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS84)								Altura snm [m]	UBICACIÓN			ALTURA BASE- ANTENA [m]										
				LATITUD				LONGITUD					PROVINCIA		CANTÓN		DIRECCIÓN									
(°)	(')	(")	S/N	(°)	(')	(")	W																			
1	TRANSMISOR MATRIZ	87,5-108 MHz VHF	Cerro Ventanas	4	1	51,11	S	79	14	39	W	2870	Loja	Loja	Cerro Ventanas	15	Torre Autosoportada									
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA RADIANTE Y EQUIPO																										
No.	SISTEMA RADIANTE					EQUIPO							PARÁMETROS DE COBERTURA		FORMA DE RX DE LA SEÑAL											
	MARCA DE ANTENA	MODELO DE ANTENA	TIPO DE ANTENA	GAINANCIA DE UNA ANTENA [dBd]	POLARIZACIÓN	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE				MARCA DEL TRANSMISOR	MODELO DEL TRANSMISOR	MODULACIÓN	POTENCIA DE OPERACIÓN DEL TX [W]	CLASE DE EMISIÓN		PÉRDIDAS [dB]	POTENCIA EFECTIVA RADIADA P.E.R. [W]	ÁREA DE COBERTURA								
						N°	Az.	G [dBd]	In.																	
1	Kathrein	Dipolo de 2dBd	Arreglo lineal de 3 dipolos	2	Vertical	1	45,3	2	-5,8	1	45,3	2	-5,8	1	45,3	22	-5,8	TRANSRADIO	T 3273	64-QAM, 16-QAM, 4-QAM	50,25	100KD9EKF	1,5	368,24	Loja y Catamayo	Enlace Radioeléctrico

FORMULARIO PARA ENLACES RADIOELÉCTRICOS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA														RTV - 4A Elab.: DGGER Versión: 01																	
NOMBRE PROPUESTO DE LA ESTACIÓN O SISTEMA:										RADIO UNIVERSITARIA																					
ENLACES SOLICITADOS																															
No.	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	ANCHO DE BANDA (MHz)	POLARIZACIÓN	TECNOLOGÍA (AV)	DISTANCIA (Km)	ESTACION FIJA DE Tx						ESTACION FIJA DE Rx																			
						NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN			COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS84)			NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN			COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS84)														
							PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	(°)	(°)	(°)		S/N	(°)	(°)	(°)	W	Altura snm [m]	PROVINCIA	CANTÓN	DIRECCIÓN	(°)	(°)	(°)	S/N	(°)	(°)	W	Altura snm [m]	
1	940 - 942	2	Horizontal	A	4,2	Estudio	Loja	Loja	Ciudad Universitaria Guillermo Falconi Facinosa La Anella	4	2	17,04	S	79	12	26,6	W	2100	Cerro Ventanas	Loja	Loja	Cerro Ventanas	4	1	51,11	S	79	14	39	W	2870
No.	ESTACION FIJA DE Tx			EQUIPO			ESTACION FIJA DE Rx			EQUIPO			CONFIABILIDAD [%]																		
	MARCA Y MODELO DE ANTENA	GANANCIA [dBd]	ALTURA BASE-ANTENA [m]	MARCA Y MODELO DE EQUIPO	POTENCIA DE OPERACIÓN [W]	PÉRDIDAS [dB]	P.E.R. [W]	MARCA Y MODELO DE ANTENA	GANANCIA [dBd]	ALTURA BASE-ANTENA [m]	MARCA Y MODELO DE EQUIPO	SENSIBILIDAD [dBm]																			
1	LOG-PERIODICA MARCA DB	12	12	TFT 460	1,5	1,5	16,83	LOG-PERIODICA MARCA DB	12	12	TFT 460	-80	99																		



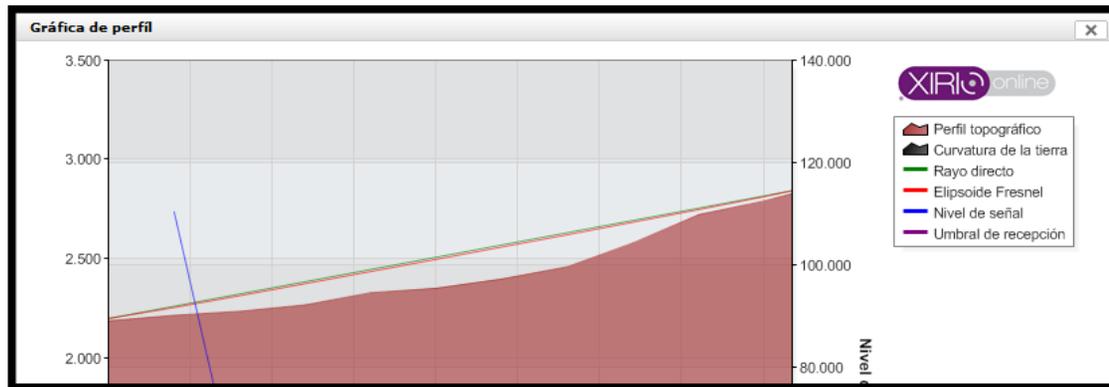
**FORMULARIO DE PERFILES TOPOGRÁFICOS PARA ENLACES
RADIOELÉCTRICOS PUNTO-PUNTO PARA
ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN**

RTV - 4B
Elab.: DGGER
Versión: 01

1) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE

No.	NOMBRE DEL SITIO TX		ESTUDIO		NOMBRE DEL SITIO RX		CERRO VENTANAS	
	AZIMUT Tx (°):	AZIMUT Rx (°):	ÁNGULO ELEV. Tx (°):	ÁNGULO ELEV. Rx (°):	DISTANCIA. (Km):	NIVEL DE RECEPCIÓN (dBm):	MARGEN DE DESV. (dB):	CONFIABILIDAD (%):
1	281	101	8,7	-8,7	4,2	-80	120	99

2) GRÁFICO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO:



	FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE RECURSOS HUMANOS ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	FSE-RH-001	
		Fecha:	

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE: **GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS**

Medio de Comunicación Social: **Radiodifusión Sonora** **Sector:** **Público**

A. DATOS GENERALES DE LA UBICACIÓN:

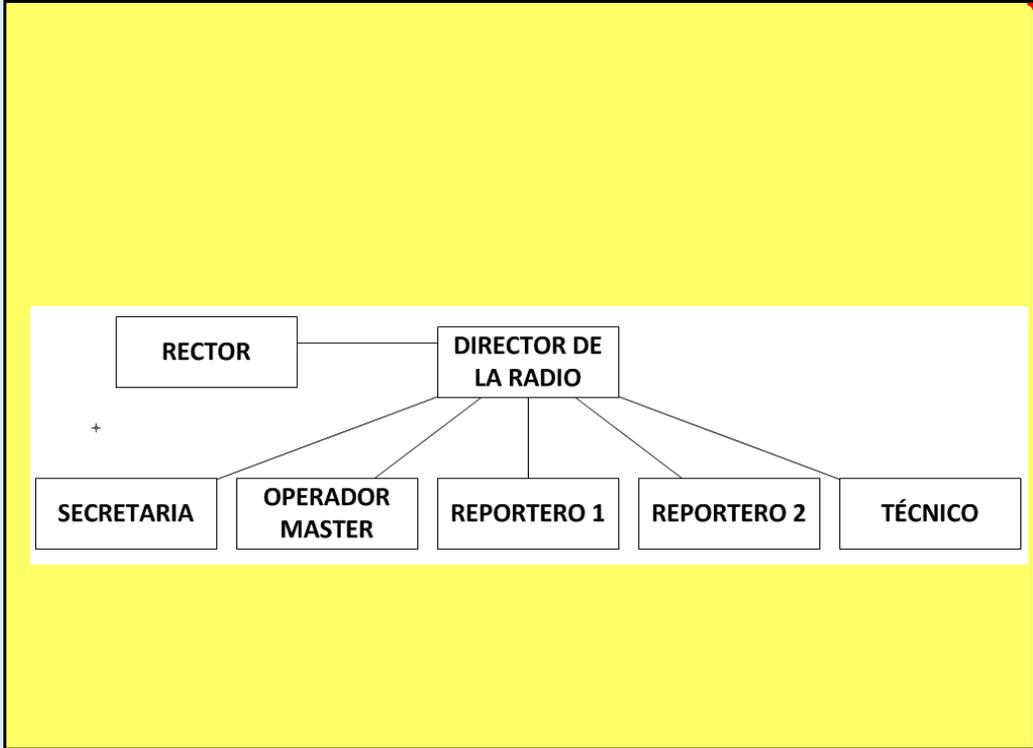
PROVINCIA:
 CANTÓN:
 PARROQUIA:

B. ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL

OFICINA PRINCIPAL

UNIDAD ADMINISTRATIVA

Nota: Favor poner con una "X" según corresponda, si necesita presentar más organigramas





**FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE RECURSOS HUMANOS
PROYECCIÓN DE REMUNERACIONES**

FSE-RH-002

Fecha:

29/jul/14



NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

PRESUPUESTO PROYECTADO PARA RECURSOS HUMANOS

PRESUPUESTO DE RECURSOS HUMANOS INDIVIDUALIZADO

PERSONAL OPERATIVO	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		AÑO 7		AÑO 8		AÑO 9		AÑO 10		AÑO 11		AÑO 12		AÑO 13		AÑO 14		AÑO 15	
	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD
Aseo	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800	1	4.800
Operador	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	1	8.760	2	17.520	1	8.760	1	8.760	1	8.760
Técnico	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600	1	9.600
Secretaria	1	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	1	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160	2	8.160
Reportero	2	23.400	4	31.200	3	23.400	3	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400	2	23.400
Personal Operativo	6	54.720	9	62.520	8	54.720	8	54.720	6	54.720	7	54.720	8	63.480	7	54.720	7	54.720	7	54.720										
PERSONAL ADMINISTRATIVO	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		AÑO 7		AÑO 8		AÑO 9		AÑO 10		AÑO 11		AÑO 12		AÑO 13		AÑO 14		AÑO 15	
Descripción	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD	No.	Costos USD
Director	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000
Personal Administrativo	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000	1	18.000
TOTAL ANUAL	7	72.720	10	80.520	9	72.720	9	72.720	7	72.720	8	72.720	9	81.480	8	72.720	8	72.720	8	72.720										
Carga Operativa	86%	75%	90%	78%	89%	75%	89%	75%	86%	75%	88%	75%	88%	75%	88%	75%	88%	75%	88%	75%	89%	78%	88%	75%	88%	75%	88%	75%	88%	
Carga Administrativa	14%	25%	10%	22%	11%	25%	11%	25%	14%	25%	13%	25%	13%	25%	13%	25%	13%	25%	13%	25%	11%	22%	13%	25%	13%	25%	13%	25%	13%	
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Aclaraciones, Justificaciones, Soportes: Los salarios de los trabajadores se basan en una tasa de remuneración intermedia en la empresa privada, correspondiente a la zona sur del país.

**FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD****ESTUDIO DE MERCADO**

FSE-EM-001

Fecha:

29/jul/14



NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

1. FSE-EM-001-1: UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL MERCADO OBJETIVO**1.1. SEGMENTACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL MERCADO OBJETIVO:****1.1.1. NOMBRE DEL SERVICIO**

PUBLICITARIO

A. PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO**PROYECCIÓN 1**

PROVINCIA:

LOJA

CANTÓN:

LOJA

PARROQUIA:

EL SAGRARIO

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
PROVINCIA (Anunciantes)															
CANTÓN (Anunciantes)	55	60	65	70	75	85	95	105	115	125	135	150	165	180	195
PARROQUIA (Anunciantes)															
DEMANDA DE MERCADO (Anunciantes)	55	60	65	70	75	85	95	105	115	125	135	150	165	180	195
DEMANDA SATISFECHA (Anunciantes)	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	145	160	175	190
DEMANDA INSATISFECHA (Anunciantes)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OBJETIVO DE MERCADO (%)	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%
DEMANDA OBJETIVO (Anunciantes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

B. FUENTE Y/O METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LAS PROYECCIONES:

El Objetivo de mercado se plantea según el porcentaje de anunciantes insatisfechos, que rodean el 10%. Estudio de mercado proporcionado por RADIO UNIVERSITARIA

1.1.2. NOMBRE DEL SERVICIO

PUBLICIDAD SONORA

A. PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO**PROYECCIÓN 2**

PROVINCIA:

LOJA

CANTÓN:

LOJA

PARROQUIA:

EL SAGRARIO

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
PROVINCIA (Anunciantes)															
CANTÓN (Anunciantes)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
PARROQUIA (Anunciantes)															
DEMANDA DE MERCADO (Anunciantes)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
DEMANDA SATISFECHA (Anunciantes)	27	32	37	42	48	53	58	63	68	73	77	82	87	92	97
DEMANDA INSATISFECHA (Anunciantes)	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
OBJETIVO DE MERCADO (%)	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%	90,00%
DEMANDA OBJETIVO (Anunciantes)	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3

	FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA ESTUDIO DE MERCADO	FSE-EM-002													
		Fecha:													
		29/jul/14													
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:		GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS													
2.1. COMPETENCIA DIRECTA EN EL ÁREA DE OPERACIÓN SOLICITADA:															
<table border="1"> <tr> <td>2.1.1. ÁREA 1:</td> <td>Nombre:</td> <td>CANTON LOJA</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Nombre de la Competencia</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">RADIO PODER</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">RADIO SUPER LASER</td> </tr> </table>				2.1.1. ÁREA 1:	Nombre:	CANTON LOJA	Nombre de la Competencia			RADIO PODER			RADIO SUPER LASER		
2.1.1. ÁREA 1:	Nombre:	CANTON LOJA													
Nombre de la Competencia															
RADIO PODER															
RADIO SUPER LASER															

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:		GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS					
TARIFAS SIN IMPUESTOS							
Solicitante		Nombre Competidor 1		Nombre Competidor 2		Promedio de Mercado	Variación Porcentual con Promedio
Nombre del Servicio	Valor USD	Nombre del Servicio	Valor USD	Nombre del Servicio	Valor USD		
PUBLICIDAD 30 spots (mensual)	260,00	PUBLICIDAD 30 spots (mensual)	250,00	PUBLICIDAD 30 spots (mensual)	##	250,00	4,00%
PUBLICIDAD 60 spots (mensual)	343,00	PUBLICIDAD 60 spots (mensual)	330,00	PUBLICIDAD 60 spots (mensual)	##	330,00	3,94%
PUBLICIDAD 90 spots (mensual)	615,00	PUBLICIDAD 90 spots (mensual)	590,00	PUBLICIDAD 90 spots (mensual)	##	590,00	4,24%
						0,00	0,00%
						0,00	0,00%
						0,00	0,00%



FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO

FSE-AF-001

Fecha:

29/jul/14



DEMANDA

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE: GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

1. FSE-AF-001-1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ESPERADA DEL SERVICIO (EXPRESADA EN ANUNCIANTES)

SERVICIO 1			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Área Geográfica	Nombre del Área Geográfica	Descripción															
PROVINCIA 1:			55	60	65	70	75	85	95	105	115	125	135	150	165	180	195
CANTON 1	LOJA	Publicidad	55	60	65	70	75	85	95	105	115	125	135	150	165	180	195
PARROQUIA 1:			55	60	65	70	75	85	95	105	115	125	135	150	165	180	195
PARROQUIA 2:																	
CANTON 2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARROQUIA 1:																	
PARROQUIA 2:																	
CANTON 3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARROQUIA 1:																	
PARROQUIA 2:																	

Nota: Se debe ingresar el Nro. De Clientes de la modalidad por Provincia

SERVICIO 2			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Área Geográfica	Nombre del Área Geográfica	Descripción															
PROVINCIA 2:			30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CANTON 1	CATAMAYO	PUBLICIDAD S	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
PARROQUIA 1:			30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
PARROQUIA 2:																	
CANTON 2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARROQUIA 1:																	
PARROQUIA 2:																	
CANTON 3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARROQUIA 1:																	
PARROQUIA 2:																	

Nota: Se debe ingresar el Nro. De Clientes de la modalidad por Provincia

Generalidades: Este formulario debe ser administrado electrónicamente por el solicitante, incorporando parroquias, cantones o provincias según su requerimiento, y actualizando la sumatoria de las mismas.

TOTAL			85	95	105	115	125	140	155	170	185	200	215	235	255	275	295
-------	--	--	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2. FSE-AF-001-2: ACLARACIONES, JUSTIFICACIONES, SOPORTES.

2.1. Aclaraciones, Justificaciones, Soportes a FSE-AF-001-1

De acuerdo a datos proporcionados por el canal de televisión ECOTEL-TV, se tiene que el promedio de anunciantes va desde los 50 hasta los 80 aproximadamente, con esta referencia se puede determinar la demanda del mercado en la ciudad de Loja, además se ha estimado valores correspondientes al mercado insatisfecho que constituyen apenas el 10% del total de anunciantes. Con los resultados anteriores podemos aproximarnos al objetivo mercado que en nuestro caso sería del 85% para servicio Publicitario y de 90% para



FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO INGRESOS

FSE-AF-002

Fecha:

29/jul/14



NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

1. FSE-AF-002-1: CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN DE INGRESOS (EXPRESADO EN USD)

Ingresos	Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos Anuales SERVICIO 1	Publicidad	397.980	434.160	470.340	506.520	542.700	615.060	687.420	759.780	832.140	904.500	976.860	1.085.400	1.193.940	1.302.480	1.411.020
Ingresos Anuales SERVICIO 2	Interactividad	54.000	63.000	72.000	81.000	90.000	99.000	108.000	117.000	126.000	135.000	144.000	153.000	162.000	171.000	180.000
Otros Ingresos																
Ingresos totales (USD)		451.980	497.160	542.340	587.520	632.700	714.060	795.420	876.780	958.140	1.039.500	1.120.860	1.238.400	1.355.940	1.473.480	1.591.020

Nota: En Otros ingresos se reflejará el pago por inscripción al servicio, entre otros.

2. FSE-AF-002-2: PARÁMETROS PARA LA PROYECCIÓN DE LOS INGRESOS

Parámetros	Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
ANUNCIANTES SERVICIO 1	Publicidad LOJA	55	60	65	70	75	85	95	105	115	125	135	150	165	180	195
ANUNCIANTES SERVICIO 2	Publicidad CATAMAYO	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
TARIFA SERVICIO 1 (USD)	Publicidad	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236	7.236
TARIFA SERVICIO 2 (USD)	Publicidad	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800

Generalidades: Este formulario debe ser administrado electrónicamente por el solicitante, incorporando parroquias, cantones o provincias según su requerimiento, y actualizando la sumatoria de las mismas.

3. FSE-AF-002-3: ACLARACIONES, JUSTIFICACIONES, SOPORTES

3.1. Aclaraciones, Justificaciones, Soportes a FSE-AF-002-1

La proyección de ingresos que va a obtener la RADIO UNIVERSITARIA se calculan en función del número de anunciantes.



**FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO
COSTOS Y GASTOS**

FSE-AF-003

Fecha:

29/jul/14



NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLACÍS RIVAS

1. FSE-AF-003-1: SÍNTESIS COSTOS Y GASTOS DE EXPLOTACIÓN (EXPRESADO EN USD)

Descripción Consolidada de Costos y Gastos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
1.1. Costos Operacionales	77.358	94.385	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	104.573	95.813	95.813	95.813
1.2. Costo Terminales/ Equipos	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
1.3. Gastos Administrativos	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1.4 Gastos de Mercadeo y Ventas	15.000	14.000	13.000	12.000	11.000	10.000	9.000	8.000	7.000	6.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
TOTAL COSTOS Y GASTOS DE EXPLOTACIÓN	127.358	143.385	143.813	142.813	141.813	140.813	139.813	138.813	137.813	136.813	135.813	144.573	135.813	135.813	135.813

2. FSE-AF-003-2: DESAGREGACIÓN COSTOS Y GASTOS DE EXPLOTACIÓN (EXPRESADO EN USD)

Descripción de Costos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
2.1.1 Operación y Mantenimiento de Equipos	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
2.1.2 Instalación de Equipos	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2.1.3 Remuneraciones	54.720	62.520	54.720	54.720	54.720	54.720	54.720	54.720	54.720	54.720	54.720	63.480	54.720	54.720	54.720
2.1.4 Pago por proveedores canales internacionales															
2.1.5 Tarifas Por Concesión	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
2.1.6 Tarifas Mensuales	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
2.1.7 Seguros															
2.1.8 Depreciaciones	9.228	18.455	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683
2.1.9 Amortizaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.10 Otros Costos															
2.2.11 Compras Equipos y/o terminales	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Total Costos:	82.358	99.385	100.813	109.573	100.813	100.813	100.813								
Descripción de Gastos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
2.2.1 Remuneraciones	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
2.2.2 Operación y Mantenimiento de Oficinas	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2.2.3 Informática	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
2.1.4 Servicios Básicos y Comunicaciones	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
2.2.5 Impuestos, Tasas y Contribuciones															
2.2.6 Depreciaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.7 Amortizaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.8 Marketing y Publicidad	15.000	14.000	13.000	12.000	11.000	10.000	9.000	8.000	7.000	6.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
2.2.9 Captación y Servicio al Cliente															
2.2.10 Otros Gastos	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Total Gastos:	45.000	44.000	43.000	42.000	41.000	40.000	39.000	38.000	37.000	36.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
TOTAL COSTOS Y GASTOS :	127.358	143.385	143.813	142.813	141.813	140.813	139.813	138.813	137.813	136.813	135.813	144.573	135.813	135.813	135.813



FORMULARIO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO

FSE-AF-006

Fecha:

29/jul/14



ESTADO DE RESULTADOS

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:

GUSTAVO ENRIQUE VILLA CÍS RIVAS

1. FSE-AF-006-1 ESTADO DE RESULTADOS (EXPRESADO EN USD)

DESCRIPCIÓN	Parámetros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos		451.980	197.160	217.340	237.520	257.700	289.060	320.420	351.780	383.140	414.500	445.860	488.400	530.940	573.480	616.020
Costos Operacionales		77.358	94.385	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	95.813	104.573	95.813	95.813	95.813
Costo Terminales/ Equipos		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Gastos Administrativos		30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Gastos de Mercadeo y Ventas		15.000	14.000	13.000	12.000	11.000	10.000	9.000	8.000	7.000	6.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Costos y Gastos		127.358	143.385	143.813	142.813	141.813	140.813	139.813	138.813	137.813	136.813	135.813	144.573	135.813	135.813	135.813
EBITDA		324.622	53.775	73.527	94.707	115.887	148.247	180.607	212.967	245.327	277.687	310.047	343.827	395.127	437.667	480.207
Depreciaciones		9.228	18.455	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683	27.683
Amortizaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciaciones y Amortizaciones		9.228	18.455	27.683												
EBIT		315.395	35.320	45.845	67.025	88.205	120.565	152.925	185.285	217.645	250.005	282.365	316.145	367.445	409.985	452.525
Gastos Financieros y Amortizaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Antes de Impuestos		315.395	35.320	45.845	67.025	88.205	120.565	152.925	185.285	217.645	250.005	282.365	316.145	367.445	409.985	452.525
Participación Utilidad Trabajadores	15%	47.309	5.298	6.877	10.054	13.231	18.085	22.939	27.793	32.647	37.501	42.355	47.422	55.117	61.498	67.879
Impuesto a la Renta	21%	56.298	6.305	8.183	11.964	15.745	21.521	27.297	33.073	38.850	44.626	50.402	56.432	65.589	73.182	80.776
Utilidad Neta		211.788	23.717	30.785	45.007	59.230	80.959	102.689	124.419	146.149	167.878	189.608	212.291	246.739	275.305	303.871