



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES**  
**Y REDES**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA BAJO EL  
ESTÁNDAR IBOC PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE RADIO  
DIGITAL EN LA EMISORA RADIO MAJESTAD EN SANTO DOMINGO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: PROPUESTA TECNOLÓGICA**  
**Para optar al Grado Académico de:**  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

**AUTOR: BRAYAN DAVID PACHECO TRUJILLO**  
**TUTORA: ING. MÓNICA ANDREA ZABALA HARO**

Riobamba – Ecuador.

2017

**©2017, Brayan David Pacheco Trujillo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONOMICA BAJO EL ESTÁNDAR IBOC PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE RADIO DIGITAL EN LA EMISORA RADIO MAJESTAD EN SANTO DOMINGO”, de responsabilidad del señor Brayan David Pacheco Trujillo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

ING. WASHINGTON LUNA  
**DECANO DE LA FACULTAD**  
**DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA** ..... ..

ING. FRANKLIN MORENO  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**TELECOMUNICACIONES Y REDES** ..... ..

ING. MÓNICA ZABALA  
**DIRECTOR DEL TRABAJO**  
**DE TITULACIÓN** ..... ..

ING. HUGO MORENO  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL** ..... ..

Yo, Brayan David Pacheco Trujillo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Brayan David Pacheco Trujillo

## **DEDICATORIA**

A mis padres Kerly y Hernán por brindarme siempre su amor y apoyo incondicional a lo largo de este camino siendo un ejemplo de perseverancia y responsabilidad en mi vida; a mi hermana Thalía por su ayuda, amistad y ser parte fundamental en todo este tiempo; a mis abuelitas Angélica y Marina por su cariño y valiosos consejos, finalmente a mis amigos con quienes en el transcurso de mi formación académica compartimos muchas vivencias y de quienes llevo gratos recuerdos.

David

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de obtener una profesión

A la Ing. Mónica Zabala, director del trabajo de titulación, por su colaboración y guía para poder realizar de la mejor manera posible el presente proyecto.

A los dueños y funcionarios de la estación Majestad FM por haberme facilitado la información necesaria para realizar el estudio.

Finalmente a todas las personas que han colaborado directa o indirectamente para poder culminar este proyecto.

David

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xix
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	5

### CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Sistema electrónico de comunicación .....	6
1.2 Señales de comunicación .....	6
1.2.1 <i>Señales de ruido</i> .....	7
1.3 Ondas .....	7
1.3.1 <i>Ondas Electromagnéticas</i> .....	7
1.3.2 <i>Espectro electromagnético</i> .....	8
1.3.2.1 <i>Espectro radioeléctrico</i> .....	8
1.4 Sistemas de radiocomunicaciones.....	9
1.5 Sistemas de Radio Difusión Sonora Analógica .....	9
1.5.1 <i>Arquitectura de un sistema de radiodifusión sonora</i> .....	9
1.5.1.1 <i>Generador de audio</i> .....	10
1.5.1.2 <i>Consola de audio</i> .....	10
1.5.1.3 <i>Procesadores de audio</i> .....	10
1.5.1.4 <i>Equipo transmisor</i> .....	11

1.5.1.5	<i>Antenas</i> .....	12
<b>1.5.2</b>	<b><i>Modulación Analógica</i></b> .....	<b>12</b>
1.5.2.1	<i>Modulación AM</i> .....	13
1.5.2.2	<i>Modulación FM</i> .....	13
<b>1.6</b>	<b><i>Radio Difusión de Audio Digital</i></b> .....	<b>13</b>
<b>1.6.1</b>	<b><i>Visión General del Servicio</i></b> .....	<b>13</b>
<b>1.6.2</b>	<b><i>Ventajas</i></b> .....	<b>14</b>
<b>1.6.3</b>	<b><i>Desventajas</i></b> .....	<b>14</b>
<b>1.6.4</b>	<b><i>Tipos de estándares de radiodifusión digital</i></b> .....	<b>14</b>
1.6.4.1	<i>Estándares de Radio Digital en el mundo</i> .....	16
1.6.4.2	<i>Situación actual de Radio Digital</i> .....	16
<b>1.7</b>	<b><i>Estándar de Radiodifusión digital DRM</i></b> .....	<b>18</b>
<b>1.7.1</b>	<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>18</b>
<b>1.7.2</b>	<b><i>Generalidades del sistema</i></b> .....	<b>18</b>
1.7.2.1	<i>Características</i> .....	19
<b>1.7.3</b>	<b><i>Contenido DRM</i></b> .....	<b>20</b>
1.7.3.1	<i>Datos Necesarios</i> .....	20
1.7.3.2	<i>Servicios adicionales</i> .....	20
<b>1.7.4</b>	<b><i>Composición de sistema DRM</i></b> .....	<b>21</b>
1.7.4.1	<i>Codificación de la fuente</i> .....	22
1.7.4.2	<i>Dispensor de Energía y Entrelazador</i> .....	22
1.7.4.3	<i>Generador de la señal piloto</i> .....	22
1.7.4.4	<i>Mapeador OFDM</i> .....	22
1.7.4.5	<i>Codificación del canal</i> .....	22
1.7.4.6	<i>Modulación y parámetros de codificación</i> .....	23
<b>1.7.5</b>	<b><i>Tramas DRM</i></b> .....	<b>23</b>
<b>1.7.6</b>	<b><i>Capacidad de transmisión</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.7.7</b>	<b><i>Modos de funcionamiento</i></b> .....	<b>25</b>
1.7.7.1	<i>Híbrido</i> .....	25



1.7.7.2	<i>Totalmente Digital</i> .....	26
<b>1.7.8</b>	<b><i>Requerimientos para la transmisión FM y DRM+</i></b> .....	<b>26</b>
1.7.8.1	<i>Combinación por acoplador direccional</i> .....	26
1.7.8.2	<i>Combinación a bajo nivel</i> .....	27
1.7.8.3	<i>Combinación “al aire” de antenas separadas</i> .....	27
<b>1.7.9</b>	<b><i>Receptores y costos adicionales</i></b> .....	<b>28</b>
<b>1.8</b>	<b><i>Estándar de radiodifusión digital IBOC</i></b> .....	<b>30</b>
<b>1.8.1</b>	<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>30</b>
<b>1.8.2</b>	<b><i>Generalidades del sistema</i></b> .....	<b>30</b>
1.8.2.1	<i>Características del sistema</i> .....	31
<b>1.8.3</b>	<b><i>Sistema general IBOC</i></b> .....	<b>32</b>
1.8.3.1	<i>Subsistema de fuente de audio y datos</i> .....	33
1.8.3.2	<i>Subsistema de Transporte y Multiplexación de Servicio</i> .....	33
1.8.3.3	<i>Subsistema de Transmisión RF</i> .....	33
<b>1.8.4</b>	<b><i>Composición del sistema IBOC</i></b> .....	<b>35</b>
1.8.4.1	<i>Capa 4 Codificación de la fuente</i> .....	36
1.8.4.2	<i>Capa 3 Transporte de audio</i> .....	37
1.8.4.3	<i>Capa 2 Multiplexación</i> .....	40
1.8.4.4	<i>Capa 1 Física</i> .....	41
<b>1.8.5</b>	<b><i>Modos de Funcionamiento</i></b> .....	<b>50</b>
1.8.5.1	<i>Híbrido AM</i> .....	50
1.8.5.2	<i>Totalmente Digital AM</i> .....	52
1.8.5.3	<i>Híbrido FM</i> .....	53
1.8.5.4	<i>Híbrido Extendido FM</i> .....	53
1.8.5.5	<i>Totalmente Digital FM</i> .....	55
<b>1.8.6</b>	<b><i>Combinación de señal IBOC el modo híbrido FM</i></b> .....	<b>55</b>
1.8.6.1	<i>Combinación a bajo nivel o amplificación común</i> .....	56
1.8.6.2	<i>Combinación a alto nivel o amplificación separada</i> .....	56
1.8.6.3	<i>Combinación espacial o antenas separadas</i> .....	57

<b>1.8.7</b>	<b>Consideraciones para el sistema de transmisión</b> .....	<b>57</b>
1.8.7.1	Generador de audio.....	57
1.8.7.2	Importador.....	58
1.8.7.3	Exportador.....	58
1.8.7.4	Procesador de audio.....	59
1.8.7.5	Enlace estudio transmisor (STL).....	59
1.8.7.6	Excitador.....	59
1.8.7.7	Amplificador de potencia.....	60
<b>1.8.8</b>	<b>Receptores y costos adicionales</b> .....	<b>60</b>
<b>1.9</b>	<b>Predicción de Cobertura</b> .....	<b>62</b>
1.9.1	Curvas de propagación.....	62
1.9.2	Valores negativos de la antena transmisora/base $h_1$ .....	64
1.9.3	Cálculo de intensidad de campo.....	65
1.9.4	Arreglo de antenas.....	65
1.9.5	Parámetros de recepción.....	66

## CAPITULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>67</b>
<b>2.1</b>	<b>Situación actual de la estación de radio “Majestad 88.9 FM”</b> .....	<b>67</b>
2.1.1	Antecedentes de la Emisora Radio Majestad.....	67
2.1.2	Aspectos Políticos.....	67
2.1.3	Datos Generales.....	67
2.1.4	Recursos físicos de la radio y operación analógica.....	68
2.1.4.1	Estudio master.....	68
2.1.4.2	Transmisor (STL).....	69
2.1.4.3	Antenas (STL).....	70
2.1.4.4	Receptor (STL).....	71
2.1.4.5	Procesador.....	71

2.1.4.6	<i>Transmisor RF</i> .....	71
2.1.4.7	<i>Antena</i> .....	72
<b>2.1.5</b>	<b><i>Descripción de enlaces efectuados para la transmisión</i></b> .....	<b>73</b>
2.1.5.1	<i>Enlace auxiliar</i> .....	73
2.1.5.2	<i>Enlace radial FM</i> .....	76
<b>2.1.6</b>	<b><i>Análisis de Actual de Cobertura</i></b> .....	<b>76</b>
2.1.6.1	<i>Determinación de altura de antena transmisora/de base <math>h_1</math></i> .....	78
2.1.6.2	<i>Corrección de <math>h_1</math></i> .....	78
<b>2.2</b>	<b><i>Análisis comparativo de estándares IBOC Y DRM</i></b> .....	<b>84</b>
2.2.1	<i>Evaluación de parámetros</i> .....	86
<b>2.3</b>	<b><i>Propuesta técnica</i></b> .....	<b>87</b>
2.3.1	<b><i>Elección del método para producir señal híbrida FM</i></b> .....	<b>88</b>
2.3.1.1	<i>Combinación a bajo nivel</i> .....	88
2.3.1.2	<i>Combinación a alto nivel</i> .....	88
2.3.1.3	<i>Combinación espacial</i> .....	89
2.3.1.4	<i>Justificación del sistema a utilizar</i> .....	89
2.3.2	<b><i>Diagrama de bloques del sistema a utilizar en el estudio</i></b> .....	<b>90</b>
2.3.3	<b><i>Selección de equipos para la estructura planteada</i></b> .....	<b>91</b>
2.3.3.1	<i>Broadcast Electronics</i> .....	92
2.3.3.2	<i>Nautel</i> .....	92
2.3.3.3	<i>Harris</i> .....	92
2.3.3.4	<i>Selección de marca para adquisición de línea de componentes</i> .....	92
2.3.4	<b><i>Hardware y Software necesarios para el nuevo diseño</i></b> .....	<b>93</b>
2.3.5	<b><i>Análisis de escenario de la estación con IBOC FM Híbrido</i></b> .....	<b>95</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Propuesta económica</i></b> .....	<b>100</b>
2.4.1	<b><i>Programación y valores tarifarios</i></b> .....	<b>101</b>
2.4.2	<b><i>Información financiera actual</i></b> .....	<b>102</b>
2.4.3	<b><i>Proyección Financiera</i></b> .....	<b>104</b>
2.4.4	<b><i>VAN Y TIR</i></b> .....	<b>106</b>

2.4.4.1	VAN .....	106
2.4.4.2	TIR.....	107
2.4.4.3	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	107
2.4.4.4	Cálculo de Tasa Interna de Retorno (TIR).....	108

### **CAPITULO III**

<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
<b>3.1</b>	<b>Análisis de la Situación actual de la emisora Radio Majestad 88.9 FM .....</b>	<b>109</b>
<b>3.2</b>	<b>Análisis comparativo de estándares .....</b>	<b>110</b>
<b>3.3</b>	<b>Propuesta técnica.....</b>	<b>112</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Método para producir la señal híbrida FM.....</i></b>	<b><i>112</i></b>
<b>3.3.2</b>	<b><i>Detalles de transmisión.....</i></b>	<b><i>114</i></b>
<b>3.3.3</b>	<b><i>Simulación .....</i></b>	<b><i>115</i></b>
<b>3.4</b>	<b>Evaluación Financiera.....</b>	<b>116</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AAB</b>	Analog Audio Bandwidth Control (Control de Ancho de Banda del Audio Analógico)
<b>AAC</b>	Audio Advanced Coding
<b>AAS</b>	Advance Application Services (Servicios de Aplicación Avanzada)
<b>AM</b>	Amplitude Modulation (Amplitud Modulada)
<b>ASF</b>	Amplitude Scale Factor Selet (Señalización de Frecuencia Alternativa)
<b>BPSK</b>	Binary Phase Shift Keying
<b>CAG</b>	Control Automático de Ganancia
<b>CELP</b>	Code Exciter Linear Prediction
<b>HVXC</b>	Harmonic Vector Excitation Coding
<b>CL</b>	Logical Channel (Canal Lógico)
<b>COFDM</b>	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia Codificada)
<b>DAB</b>	Digital Audio Broadcasting
<b>DRM</b>	Radio Digital Mondiale
<b>EPG</b>	Electronic Program Guide (Guía de Programación Electrónica)
<b>FAC</b>	Fast Access Channel (Canal de Acceso Rápido)
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission (Comisión Federal de Comunicaciones)
<b>FEC</b>	Forward Error Correction (Corrección de Errores hacia adelante)
<b>FM</b>	Frequency Modulation (Modulación de frecuencia)
<b>IBOC</b>	In band On channel (Canal dentro de banda)
<b>ISDB-T<sub>SB</sub></b>	Integrated Services Digital Broadcasting Sound Broadcasting
<b>MPS</b>	Main Program Service (Servicio del Programa Principal)
<b>MPSA</b>	Main Program Service Audio (Audio del Servicio del Programa Principal)

<b>MPSD</b>	Main Program Service Data (Datos del Servicio del Programa Principal)
<b>MSC</b>	Main Service Channel (Canal Principal de Servicios)
<b>OSI</b>	Open System Interconnection
<b>PAD</b>	Datos Asociados del Programa
<b>PDU</b>	Protocol Data Unit (Unidad de Datos de Protocolo)
<b>PIDS</b>	Primary IBOC Data Service (Canal Lógico de Servicios de Datos Primarios)
<b>PIRE</b>	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
<b>PL</b>	Power Level Control (Control de Nivel de Potencia)
<b>PMS</b>	Primary Service Mode Control
<b>PSD</b>	Program Service Data (Programa de Servicio de Datos)
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying
<b>RDS</b>	Radio System Data
<b>RF</b>	Radio Frecuencia
<b>RS</b>	Reed Solomon
<b>SBR</b>	Spectral Band Replication (Replicación de la Banda Espectral)
<b>SCHH</b>	Service Control Channel (Canal de Control de Sistema)
<b>SDC</b>	Service Description Channel (Servicio Descripción Canal)
<b>SFN</b>	Single Frequency Network (Red de Frecuencia Única)
<b>SIDS</b>	Secondary IBOC Data Service (Canal Lógico de Datos Secundarios IBOC)
<b>SIS</b>	Station Information Service (Servicio de Información de Estación)
<b>SM</b>	Service Mode (Modo de Servicio)
<b>SMC</b>	Service Mode Control (Control de Modo de Servicio)
<b>SPS</b>	Supplemental Program Service (Servicio del programa suplementario)
<b>SPSA</b>	Supplemental Program Service Audio (Audio del Servicio del Programa Complementario)

<b>SPSD</b>	Supplemental Program Service Data (Datos del Servicio del Programa Complementario)
<b>STL</b>	Studio Transmitter Link (Enlace Estudio Transmisor)
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>UER</b>	Unión Europea de Radiodifusión
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Distribución del espectro radioeléctrico .....	8
<b>Tabla 2-1</b>	Características de estándares de radiodifusión digital sonora .....	15
<b>Tabla 3-1</b>	Modos de Robustez .....	23
<b>Tabla 4-1</b>	Velocidades de transmisión DRM.....	24
<b>Tabla 5-1</b>	Radíos DRM en el mercado. ....	28
<b>Tabla 6-1</b>	Derechos por regalías .....	29
<b>Tabla 7-1</b>	Especificación de información de la figura 22-1 .....	36
<b>Tabla 8-1</b>	Modos de códec de audio .....	37
<b>Tabla 9-1</b>	Distribución de trama .....	37
<b>Tabla 10-1</b>	Factores de escala para formas de onda IBOC FM.....	43
<b>Tabla 11-1</b>	Caracterización de los canales lógicos según el modo de servicio .....	44
<b>Tabla 12-1</b>	Parámetros del sistema IBOC FM .....	45
<b>Tabla 13-1</b>	Carga útil en un STL .....	59
<b>Tabla 14-1</b>	Receptores HD Radio en el mercado.....	61
<b>Tabla 15-1</b>	Niveles de campo eléctrico en recepción FM. ....	66
<b>Tabla 16-2</b>	Datos Generales de Majestad FM.....	68
<b>Tabla 17-2</b>	Datos técnicos Radiodifusión sonora a Santo Domingo y alrededores .....	76
<b>Tabla 18-2</b>	Notación tipo de emisión de radiofrecuencia .....	76
<b>Tabla 19-2</b>	Alturas en azimut cada 30°.....	77
<b>Tabla 20-2</b>	Alturas promedio y alturas efectivas. ....	77
<b>Tabla 21-2</b>	Cálculo altura h1. ....	78
<b>Tabla 22-2</b>	Valores E corregido .....	81
<b>Tabla 23-2</b>	Valores E real.....	82
<b>Tabla 24-2</b>	Cuadro comparativo DRM+ e IBOC.....	86
<b>Tabla 25-2</b>	Evaluación de parámetros .....	87
<b>Tabla 26-2</b>	Evaluación de parámetros .....	90
<b>Tabla 27-2</b>	Equipos seleccionados para la transmisión con IBOC Híbrido .....	93
<b>Tabla 28-2</b>	Detalle de programación y precios. ....	101
<b>Tabla 29-2</b>	Tarifas Regulares .....	102
<b>Tabla 30-2</b>	Tarifas Noticiero .....	102
<b>Tabla 31-2</b>	Ingresos junio 2017 .....	103
<b>Tabla 32-2</b>	Egresos junio 2017.....	103
<b>Tabla 33-2</b>	Valor de utilidad 2017.....	104



<b>Tabla 34-2</b> Información financiera 2016 .....	104
<b>Tabla 35-2</b> Costos por nuevos servicios .....	105
<b>Tabla 36-2</b> Proyección a 5 años.....	105
<b>Tabla 37-2</b> Inversión inicial para implementación del diseño propuesto .....	106
<b>Tabla 38-2</b> Flujo de caja e inversión inicial.....	107
<b>Tabla 39-2</b> Tasas de interés .....	107
<b>Tabla 40-3</b> Niveles de intensidad de campo mínima a asegurar .....	110
<b>Tabla 41-3</b> Resumen resultados VAN y TIR .....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Representación de un sistema de radiocomunicación. ....	6
<b>Figura 2-1</b>	Onda Electromagnética.....	7
<b>Figura 3-1</b>	Componentes básicos para la arquitectura de un sistema de radio .....	9
<b>Figura 4-1</b>	Conversión de sonido en audio y viceversa mediante un micrófono y un altavoz. 10	
<b>Figura 5-1</b>	Diagrama de Bloques de un transmisor .....	11
<b>Figura 6-1</b>	Estándares de radio Digital en el mundo.....	16
<b>Figura 7-1</b>	Logotipo oficial DRM .....	18
<b>Figura 8-1</b>	Bandas de operación en DRM .....	18
<b>Figura 9-1</b>	Elementos en una señal DRM.....	20
<b>Figura 10-1</b>	Composición de señal DRM .....	21
<b>Figura 11-1</b>	Estructura de trama DRM30 Y DRM+ .....	23
<b>Figura 12-1</b>	Espectro modo simulcast DRM+ .....	25
<b>Figura 13-1</b>	Espectro modo DRM+ totalmente digital. ....	26
<b>Figura 14-1</b>	Combinación con acoplador .....	27
<b>Figura 15-1</b>	Combinación a bajo nivel .....	27
<b>Figura 16-1</b>	Combinación con antenas separadas.....	28
<b>Figura 17-1</b>	Logotipo de HD Radio .....	30
<b>Figura 18-1</b>	Envío simultáneo de información .....	31
<b>Figura 19-1</b>	Sistema de radio digital IBOC .....	32
<b>Figura 20-1</b>	Servicios de audio y datos IBOC .....	33
<b>Figura 21-1</b>	Capas IBOC.....	35
<b>Figura 22-1</b>	Diagrama de la interfaz de transporte de audio .....	35
<b>Figura 23-1</b>	Campos de cabecera generado por el transporte de audio .....	38
<b>Figura 24-1</b>	Corrección de errores en cabecera y paquetes de audio .....	40
<b>Figura 25-1</b>	Diagrama de interfaz de capa 2.....	41
<b>Figura 26-1</b>	Módulos de capa 1 .....	47
<b>Figura 27-1</b>	Espectro onda híbrida IBOC AM, ancho de banda de audio analógico de 5KHz. .51	
<b>Figura 28-1</b>	Espectro onda híbrida IBOC AM, ancho de banda de audio analógico de 8KHz ..51	
<b>Figura 29-1</b>	Espectro onda totalmente digital IBOC AM. ....	52
<b>Figura 30-1</b>	Espectro onda híbrida IBOC FM .....	53
<b>Figura 31-1</b>	Espectro onda híbrida extendida IBOC FM. ....	54
<b>Figura 32-1</b>	Espectro onda totalmente digital IBOC FM.....	55
<b>Figura 33-1</b>	Diagrama de combinación a bajo nivel. ....	56

<b>Figura 34-1</b>	Diagrama de combinación con amplificación separada .....	56
<b>Figura 35-1</b>	Diagrama de combinación espacial.....	57
<b>Figura 36-1</b>	Elementos del exportador. ....	58
<b>Figura 37-1</b>	Curva intensidad de campo en función de la distancia.....	63
<b>Figura 38-1</b>	Ganancia de una red colineal en función del número de elementos y su separación. .....	65
<b>Figura 39-2</b>	Sala de controles y locutorio de Radio Majestad .....	69
<b>Figura 40-2</b>	Codec Telos Z/IP ONE.....	69
<b>Figura 41-2</b>	Antena y Rocket M5 ubicada a 12 m de altura en terraza. ....	70
<b>Figura 42-2</b>	Procesador Omnia 11 y códec ZIP/ONE. ....	71
<b>Figura 43-2</b>	Transmisor Elenos ETG. ....	72
<b>Figura 44-2</b>	Arreglo de antenas para transmisión FM. ....	72
<b>Figura 45-2</b>	Estructura de estación Radio Majestad FM 88.9 para la ciudad de Santo Domingo .....	73
<b>Figura 46-2</b>	Enlace Estación-Cerro los Libres.....	75
<b>Figura 47-2</b>	Especificaciones del enlace .....	75
<b>Figura 48-2</b>	Perfil topográfico hasta 18 km en azimut de 150°.....	79
<b>Figura 49-2</b>	Intensidad de campo eléctrico para cobertura en Radio Mobile.....	83
<b>Figura 50-2</b>	Cobertura FM en Google Earth.....	83
<b>Figura 51-2</b>	Estructura de estación Radio con IBOC Híbrido FM.....	90
<b>Figura 52-2</b>	Ejemplo de la distribución del espectro en modo híbrido para Radio Majestad.....	97
<b>Figura 53-2</b>	Creación de nuevo estudio.....	97
<b>Figura 54-2</b>	Propiedades método de cálculo.....	98
<b>Figura 55-2</b>	Propiedades de transmisión. ....	98
<b>Figura 56-2</b>	Parámetros de radio. ....	99
<b>Figura 57-2</b>	Parámetros de la antena. ....	99
<b>Figura 58-2</b>	Cobertura resultante.....	100
<b>Figura 59-3</b>	Marcador de puntuación en parámetros .....	110
<b>Figura 60-3</b>	Resultado de análisis comparativo entre IBOC y DRM.....	112
<b>Figura 61-3</b>	Evaluación de métodos de generación de señal híbrida. ....	113
<b>Figura 62-3</b>	Comparación de coberturas .....	115
<b>Figura 63-3</b>	Utilidad neta en años proyectados .....	116

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A** Características técnicas de equipos de la emisora radio majestad
- ANEXO B** Cálculos para obtención de campo eléctrico y perfiles topográficos
- ANEXO C** Proforma y características de equipamiento para la propuesta técnica
- ANEXO D** Asignación de frecuencias FM en Ecuador

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se realizó el estudio que determina la factibilidad técnica y económica de una futura implementación de radio digital en base al estándar IBOC aplicada en la emisora Radio Majestad en Santo Domingo. Se empleó el método deductivo de investigación e investigación de campo, la primera para recopilar información que permitió entender el funcionamiento de los estándares de radio digital y métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz, la segunda para extraer datos e información acerca del funcionamiento y recursos actuales de la estación de radio. Se realizó un análisis comparativo entre los estándares Canal dentro de Banda (IBOC) y Radio Digital Mondiale (DRM) los cuales serán posiblemente adoptados en el Ecuador mediante un examen de parámetros y asignación de ponderaciones. El estudio técnico se formó diseñando una arquitectura digital en base a los parámetros del estándar IBOC, se analizó la capacidad de transmisión del sistema y mediante el software Xirio se determinó la cobertura e intensidad de campo. Por medio de herramientas y proyecciones financieras se especificaron los posibles estados financieros de la radio Majestad después de aplicar el cambio hacia la digitalización. Los resultados de la comparación y la propuesta técnica establecieron que la mejor opción para implementar un sistema de radio digital es el estándar IBOC, además que a través del modo de funcionamiento híbrido se puede enviar la señal analógica convencional y 2 señales digitales a la vez, mejorando la economía de la emisora de radio obteniendo una utilidad neta aproximada del 45% adicional de sus ganancias actuales. Se concluye que el proyecto es factible técnica así como económicamente y que para futuras implementaciones o proyectos bajo el estándar IBOC se recomienda tomar como referencia la presente investigación.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <RADIOCOMUNICACIÓN>, <ESTUDIO DE FACTIBILIDAD>, <PROCESAMIENTO DE SEÑALES DIGITALES>, <CANAL DENTRO DE BANDA (IBOC)>, <RADIO DIGITAL>, <FUNCIONAMIENTO HÍBRIDO>.

## ABSTRACT

In this research work was carried out the study that determines the technical and economic feasibility of a future implementation of digital radio based on the IBOC standard applied in the Radial Majesty radio station in Santo Domingo. The deductive research and field research method was used, the first to collect information that allowed understanding the operation of digital radio standards and point-to-area prediction methods for terrestrial services in the frequency range of 30 to 300 MHz, the second was to extract information about the current operation and resources of the radio station. A comparative analysis was made between the standards In band On Channel (IBOC) and Radio Digital Mondial (DRM), which will be possibly adapted in Ecuador through an examination of parameters and allocation of weights. The technical study was formed by designing a digital architecture based on the parameters of the IBOC standard, the transmission capacity of the system was analyzed and the Xirio software was used to determine the coverage and intensity of the field. Of financial tools and projections were specified the possible financial statements of the radial station after applying the change to the digitalization. The results of the comparison and the technical proposal established that the best option to implement a digital radio system is the IBOC standard, besides that through the hybrid operation mode it can be send the conventional analog signal and 2 digital signals at the same time, improving the economy of the radio station obtained an approximate net profit of 45% additional of its current profits. It is concluded that the project is feasible, technically as economically. For future implementations or projects under the IBOC standard, it is recommended to take this research as a reference.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMMUNICATIONS>, <RADIO COMUNICACION>, <FEASIBILITY STUDY>, <DIGITAL SIGNAL PROCESSING >, <IN BAND ON CHANNEL (IBOC)>, <DIGITAL RADIO>, <HYBRID FUNCTION>.

## INTRODUCCIÓN

La nueva fase de digitalización de los medios de comunicación masivos, tiene como objetivo aumentar la eficiencia en el transporte de la información y mejorar la calidad del servicio. La industria de radiodifusión sonora como televisiva forma parte del denominado apagón analógico, una tendencia que pretende cesar las transmisiones análogas replazándolas por digitales. Por lo tanto un factor importante para realizar la transición constituye en la decisión de que tecnología utilizar y la forma en que se dará su implementación.

La radio digital es una tecnología inexistente en el Ecuador pero en constante despliegue en otras partes del mundo, por ello concierne un planteamiento técnico real plasmado en una estación de radio operativa, tomando en cuenta dos factores importantes para lograrlo, el primero es como se lo va a realizar y el segundo si es viable económicamente, con ello determinaremos si es ventajoso realizar el proceso de digitalización.

La futura implementación de radio digital se plantea realizarla bajo el estándar IBOC debido a que es un sistema que permite la compatibilidad de transmisiones analógicas y digitales, además de ser un estándar utilizado en gran parte del continente americano lo que abre una brecha para su uso en los demás países del continente.

El estudio tecnológico proyecta una propuesta de innovación a la emisora radio Majestad FM en Santo Domingo, empezando con una investigación de cómo se realiza un proceso de radiocomunicación y sus componentes, también se analizan y comparan estándares de radio digital, así como la situación actual de la emisora, es decir la tecnología y equipos que utiliza actualmente. Luego se propone una estructura acorde a las necesidades de la empresa y finalmente se analiza la situación económica determinando si el proyecto es factible mediante herramientas financieras.

La información y análisis presentadas en este proyecto fueron llevadas a cabo en tres etapas que sustentan el cumplimiento de los objetivos propuestos y que además podrán ser utilizados para futuras implementaciones y pruebas de campo en estaciones de radio con características similares a la emisora antes mencionada, luego de que oficialmente el país lleve a cabo la adopción de un estándar de radio digital terrestre.

## **ANTECEDENTES**

La comunicación es un método indispensable en la vida de las personas, a lo largo de la historia los seres humanos han creado diversos medios de comunicación cada vez más variados y útiles. Los nuevos avances tecnológicos transforman el mundo de las comunicaciones haciendo que este proceso sea cada vez más accesible y práctico. Actualmente los medios de comunicación son indispensables en la sociedad debido a que facilita la obtención de información de sucesos de casi cualquier índole a escala regional, nacional y mundial.

Uno de los medios de comunicación con mayor penetrabilidad es la radiodifusión sonora, la cual surgió entrado el siglo XX, debido a que Flemming y Fessenden lograron la primera transmisión de la voz humana con un experimento que transmitió señales de audio desde Massachusetts hasta buques que se encontraban en el mar, este hecho originó el comienzo de la radio como la conocemos hoy en día.

Por consiguiente los nuevos descubrimientos tecnológicos permitieron que la radiodifusión se extendiera cada vez más principalmente en países desarrollados creando nuevos transmisores y receptores, pero no fue hasta la década de los 30 que llegó la modulación con la que aparecieron la frecuencia AM (amplitud modulada) y FM (frecuencia modulada), lo que significó un gran avance para potenciar esta tecnología, en esta década también se comenzó la producción y comercialización de receptores domésticos para que personas naturales puedan oír transmisiones de radio.

La comunicación de radio vía satélite aparece en 1963, también entre 1960 y 1970 aumentó la calidad de sonido y las emisoras se automatizaron es decir que ya no necesitaban contar con operadores para poder transmitir una programación. En los siguientes años los equipos de audio se fueron perfeccionando, sumando funciones, disminuyendo su tamaño y alterando su estructura.

Hoy en día los sistemas de comunicación y servicios son totalmente digitales de tal forma que las transmisiones radiales están inmersas a nuevas etapas de acuerdo con el avance de la tecnología, la radiodifusión sonora no es la excepción. La creciente necesidad de crear un sistema digital de radiodifusión hizo que diversas empresas a finales del siglo XX y principios de siglo XXI, se lanzaran a la búsqueda de un sistema que pudiera ser útil y rentable basándose en distintas filosofías de creación, de esta manera se definieron varios estándares para la radiodifusión digital.



Como en el resto de países del mundo en Ecuador la aparición de la radio fue un hecho trascendental, introduciéndose los primeros aparatos radiofónicos en la ciudad de Riobamba por el ingeniero electrónico Carlos Córdobez Borja quien fundó la emisora “El Prado”. Las primeras emisiones se realizaban a través de un transistor de 25w y 5 vatios en la antena que operaba a 60 metros, de este modo con el pasar de los años y con el avance de la tecnología, la radiodifusión sonora fue creciendo e introduciéndose en la mayoría de las ciudades del país.

En la ciudad de Santo Domingo en el año 1959 radio Zaracay inicia sus actividades radiofónicas en los 3485 kHz, la estación únicamente transmitía desde las seis de la tarde a las diez de la noche, por consiguiente aparecen nuevas estaciones de radio como Festival que operaba en la frecuencia 1300 kHz AM en 1971. Sin embargo una de las emisoras con mayor radioescuchas es la emisora radio Majestad fundada el 28 de julio de 1999, siendo hoy en día una de las estaciones de mayor sintonía.

La radio digital es producto de la llamada convergencia digital de la cual nuestro país ya es parte, siendo la televisión digital terrestre parte de este avance. Esta convergencia nos presenta nuevos dispositivos electrónicos de recepción y reproducción digital con interfaces sencillas y atractivas para el usuario. En la radio digital ofrece tanto a emisoras como oyentes una interesante combinación de beneficios y oportunidades. Por esta razón existe la necesidad de estudiar la factibilidad de contar con este servicio en forma digital en el Ecuador.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La radio al ser un medio de comunicación masivo permite una interacción entre los encargados de la transmisión y la sociedad de manera que se logra una dinámica informativa entre los radioescuchas teniendo acceso a procesos de información y comunicación, por tal motivo es importante mantener este medio de comunicación actualizado para brindar un servicio cada vez de mejor calidad.

Como medio de comunicación la radio nos brinda la oportunidad de alcanzar un mercado con un presupuesto mucho más bajo del que se necesita en otros medios, es por eso que es mayor la audiencia potencial de la radio.

Consecuentemente la radio digital ayuda al avance de las telecomunicaciones debido a que digitalizando este sistema obtenemos múltiples ventajas como: una mejor calidad de audio eliminando interferencias presentes en la radio analógica, optimizando el espectro radioeléctrico, alcanzando una mayor cobertura, la posibilidad de ofertar servicios interactivos de información transmitidos a la par de la señal de audio, por ejemplo: información musical, noticias, clima, tráfico etc., finalmente radio receptores simplificados compatibles con dispositivos móviles y con características atractivas como la sintonización automática.

La transición análogo-digital conlleva el análisis de muchos temas estudiados a lo largo de la carrera, por lo tanto el siguiente trabajo de investigación ayudara a reforzar conocimientos adquiridos en la rama de las telecomunicaciones y a adquirir nuevos conocimientos mediante la investigación.

La importancia del estudio de factibilidad radica en que nos ayudara a ser conscientes de la necesidad de implementar la radiodifusión digital en el Ecuador y a estar al nivel de otros países que ya cuentan con esta tecnología, conjuntamente el presente estudio podrá ser de ayuda para futuras implementaciones en zonas geográficas y características similares a la estación de radio Majestad ubicada en la ciudad de Santo Domingo.

El impacto que tendrá el estudio será a mediano plazo debido a que en estos momentos la convergencia digital se está llevando a cabo con la televisión digital terrestre y luego dará paso a la radiodifusión digital ámbito en el que todavía no existe un cambio en el país.

La perspectiva del proyecto es promover un cambio físico de los equipos utilizados en las emisoras y sociológico en las personas que contarán con el nuevo servicio. Pero para calcular la factibilidad del proyecto es necesario conocer si es viable económicamente para los dueños de la emisora, por lo que una vez evaluados los equipos y el posible escenario es necesario saber si el costo que conlleva el cambio se ajusta al presupuesto de la empresa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Realizar un estudio de factibilidad técnica y económica bajo el estándar IBOC para la futura implementación de radio digital en la emisora Radio Majestad en Santo Domingo.

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar un análisis comparativo de los estándares de radio difusión digital IBOC y DRM, los cuales posiblemente serán adoptados en el Ecuador.
- Recopilar información acerca del funcionamiento, recursos y alcance con los que cuenta actualmente la estación de radio Majestad.
- Determinar las características de los futuros equipos de transmisión y recepción a ser utilizados y la compatibilidad de estos con el estándar.
- Desarrollar el estudio del sistema de radiodifusión digital en base al estándar IBOC (In-band On-channel).

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Sistema electrónico de comunicación

Un sistema de comunicaciones es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de la información entre dos o más lugares mediante circuitos electrónicos.

La fuente original de información puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma (discreta), como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones. (Tomasi, 2003 pág. 1)



**Figura 1-1** Representación de un sistema de radiocomunicación.

Fuente: (Ramirez Luz, 2015 pág. 2)

### 1.2 Señales de comunicación

En telecomunicaciones una señal es aquella variación de corriente eléctrica u otra magnitud física que se utiliza transmitir información, pero esta información debe ser transformada a señales electromagnéticas para su envío por el espacio libre (aire).

Las señales electromagnéticas se pueden clasificar en:

- Digital: se dice de las señales que son obtenidas en procesos electromagnéticos donde los signos utilizados pueden ser observados como magnitudes (0 ó 1) que simbolizan valores de tipo discreto.

- Analógica: estas señales son obtenidas en un proceso electromagnético. Es explicada a través de fórmulas matemáticas donde el periodo y la amplitud son determinadas a partir del tiempo.

### 1.2.1 Señales de ruido

Las señales que se receptan en un medio de comunicación por lo general no solo contiene la información deseada si no también información no deseada denominada ruido, estas señales pueden ser originadas en forma natural dentro o fuera del sistema.

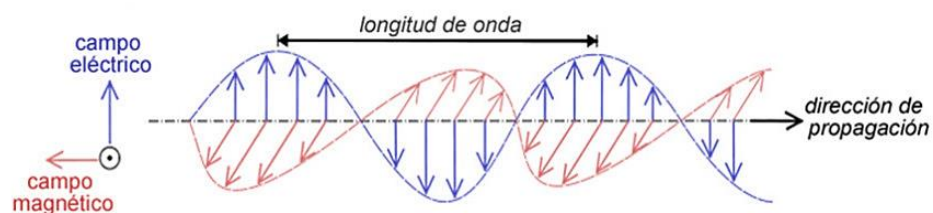
## 1.3 Ondas

Una onda electromagnética es aquella que trasporta información en forma de energía de un punto a otro, dicha onda está compuesta por un campo magnético oscilante que induce un campo eléctrico oscilante y viceversa, esta perturbación es propagada a la velocidad de la luz. A pesar de que las ondas electromagnéticas poseen la misma naturaleza y se propagan con la misma velocidad se diferencian por tener una longitud de onda ( $\lambda$ ) y frecuencia ( $f$ ).

### 1.3.1 Ondas Electromagnéticas

Aquellas que se pueden propagar en el vacío, por lo tanto no requieren un medio para propagarse como la radio, TV, microondas, etc.

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por poseer dos componentes: campo eléctrico y campo magnético que se encuentran oscilando perpendicularmente entre si y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. La figura 2-1 nos muestra una representación de la onda electromagnética polarizada en el plano, desplazándose en la dirección y. El campo eléctrico está representado por el vector E y está oscilando en la dirección z (ó -z); el campo magnético está representado por el vector B y se encuentra oscilando en la dirección x (ó -x). (Fontal, 2005 pág. 7).



**Figura 2-1** Onda Electromagnética.

Fuente: <http://www.radiansa.com/contaminacion-electromagnetica/index.htm>

### 1.3.2 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es la distribución de energía del acumulado de las ondas electromagnéticas. Para lograr la comunicación en un sistema de comunicaciones a través del vacío es necesario transformar la información original en energía electromagnética para transmitirla a estaciones receptoras electrónicas. La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor, en forma de luz a través de fibra óptica o en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias. (Tomasi, 2003 pág. 4).

#### 1.3.2.1 Espectro radioeléctrico

Es una porción del espectro electromagnético que va desde 3KHz a los 300 GHz, y al ser parte del espectro electromagnético las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para su transporte.

**Tabla 1-1** Distribución del espectro radioeléctrico

<b>Bandas de radio correspondientes al Espectro Radioeléctrico</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Longitud de Onda (m)</b>	<b>Modulación</b>	<b>Principales Aplicaciones</b>
Banda VLF (Very Low Frequencies – Frecuencias Muy Bajas)	3 – 30 kHz	100 000 – 10 000 m		Enlaces de radio a gran distancia
Banda LF (Low Frequencies – Frecuencias Bajas)	30 – 300 kHz	10 000 – 1 000 m	ASK, FSK, MSK	Navegación
Banda MF (Medium Frequencies – Frecuencias Medias)	300 – 3 000 kHz	1 000 – 100 m	ASK, FSK, MSK	Radio AM Comercial
Banda HF (High Frequencies – Frecuencias Altas)	3 – 30 MHz	100 – 10 m	ASK, FSK, MSK	Radio de Onda Corta
Banda VHF (Very High Frequencies – Frecuencias Muy Altas)	30 – 300 MHz	10 – 1 m	FSK, PSK	Televisión VHF, Radio FM
Banda UHF (Ultra High Frequencies – Frecuencias Ultra Altas)	300 – 3 000 MHz	1 m – 10 cm	PSK	Televisión UHF, Microondas Terrestres
Banda SHF (Super High Frequencies – Frecuencias Super Altas)	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	PSK	Microondas terrestres y por satélite
Banda EHF (Extremely High Frequencies – Frecuencias Extremadamente Altas)	30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm	PSK	Enlaces cercanos punto a punto experimentales

**Realizado por:** Pacheco, David. 2017

**Fuente:** (Ramirez Luz, 2015 págs. 11-12)

El espectro radioeléctrico es considerado por la Constitución de la República del Ecuador como un sector estratégico, por tanto el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, La legislación de telecomunicaciones Ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible. <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>

#### 1.4 Sistemas de radiocomunicaciones

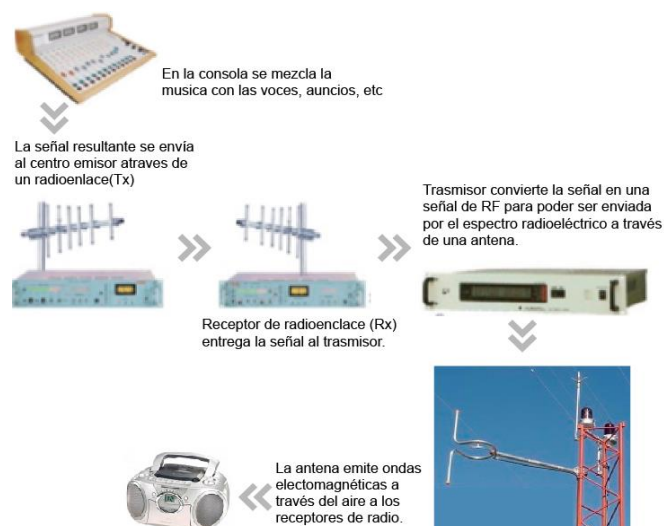
Es un servicio que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación como radio, televisión, telefonía móvil y radar. Los sistemas de radiocomunicación se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios.

- Según el tipo de comunicación: punto a punto y punto multipunto.
- Según el tipo de dirección del mensaje: unidireccionales y bidireccionales.
- Según el tipo de señales: analógicas y digitales.
- Según el tipo de frecuencia: baja frecuencia y alta frecuencia.

#### 1.5 Sistemas de Radio Difusión Sonora Analógica

Son sistemas llamados “tradicionales” ya que usan la modulación de amplitud (AM) o modulación de frecuencia (FM) para enviar la información auditiva cuyas emisiones son captadas por el público de manera abierta.

##### 1.5.1 Arquitectura de un sistema de radiodifusión sonora



**Figura 3-1** Componentes básicos para la arquitectura de un sistema de radio

Realizado por: Pacheco David, 2017

### 1.5.1.1 Generador de audio

Los términos de audio y sonido generalmente tratados por igual pero para el estudio debemos diferenciarlos. El sonido es una perturbación de aire que llega a nuestros oídos pero en forma de ondas, mientras que el audio es un sonido transformado a señal eléctrica, es decir es una representación del sonido.



**Figura 4-1** Conversión de sonido en audio y viceversa

Realizado por: Pacheco David, 2017

### 1.5.1.2 Consola de audio

Este equipo realiza tres funciones básicas:

- Recibe señales de audio
- Procesa dichas señales de audio
- Distribuye las señales de audio

Una consola de sonido es un dispositivo electrónico al cual se conectan diversos elementos emisores de audio (fuentes sonoras), tales como micrófonos, entradas de línea, sintetizadores, reproductores de cd, etc. Una vez reunidas todas estas señales son procesadas y tratadas para lograr una salida.

### 1.5.1.3 Procesadores de audio

Antes de enviar la señal al transmisor, se envía por el procesador de audio que mantiene los picos de modulación del transmisor dentro de los parámetros legales. Las etapas de un procesador de audio para estaciones de radio son:

**Control automático de ganancia (CAG):** Esta etapa cumple la función de mantener un valor promedio de la señal, es decir si el nivel promedio de la señal es bajo el CAG lo aumenta hasta el valor preestablecido y viceversa. El CAG posee también el denominado “Noise Gate” que hace que cuando la señal sea inferior a cierto límite, no entre un funcionamiento la amplificación de la señal debido a que el ruido de fondo también se amplificaría.



**Ecualización:** El ecualizador cumple dos funciones en un procesador para radio, por un lado establece una “marca sonora” que identifique claramente a una emisora entre sus oyentes, y por otro lado, compensa la deformación espectral que puede introducir el subsecuente procesado multibanda.<http://www.analfatecnicos.net/archivos/61.ProsesadoresAudioParaRadio-Gustavo%20Pesci-Hardata.pdf>

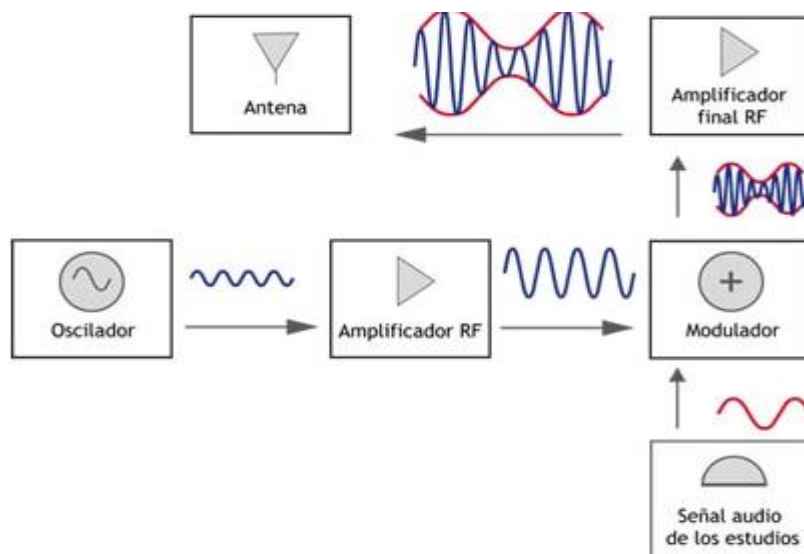
**Compresor y limitador:** El compresor cumple la función de reducir el rango de una señal de audio en una determinada porción. El proceso complementario del compresor se denomina expansor ya que aumenta el rango dinámico reduciendo el ruido. Por otro lado el limitador mantiene la señal de salida a un nivel constante.

**Pre-énfasis y limitador de alta frecuencia:** Se utiliza para acentuar los agudos antes de enviar la señal al transmisor y para prevenir la pérdida delimitando la señal en altas frecuencias.

**Recortador de picos:** Esta es la principal función de procesador de señal, en donde se recortan picos de corta duración para aumentar el valor RMS o valor eficaz y logrando el aumento de sonoridad y la sensación de volumen alto.

#### 1.5.1.4 Equipo transmisor

Es el encargado de transformar la señal de información proveniente del procesador y convertirla en una señal de RF (Radio Frecuencia) para poder ser enviada por el espectro radioeléctrico a través de una antena y poder transmitir la información a grandes distancias.



**Figura 5-1** Diagrama de Bloques de un transmisor

**Fuente:** (García Gago, 2013 pág. 44)

Las principales etapas de este componente son:

- Oscilador: Genera una señal constante de alta frecuencia que se usa como portadora.
- Amplificador RF: Para amplificar la señal que genera el oscilador se usa un amplificador.
- Modulador: Se encarga de unir la señal proveniente del procesador de señales (señal moduladora) con la portadora generada por el oscilador. Este proceso se lo puede realizar en amplitud (AM) o en frecuencia (FM).

Los componentes mencionados anteriormente corresponden a lo que se denomina excitador de un transmisor, sin embargo si no se usa una etapa de amplificación después del modulador se denomina directamente transmisor.

- Amplificador Final RF: una vez tenemos la señal modulada amplificamos este resultado, la amplificación dependerá del tipo de transmisor que se use y del permiso correspondiente para no sobrepasar la potencia establecida por las organizaciones que rigen los servicios de telecomunicaciones en cada país. Esta última etapa se denomina amplificador de potencia.
- Fuente de alimentación: dispositivo encargado de generar las tensiones requeridas para cada una de las etapas anteriores.

Finalmente queda transportar la señal eléctrica de alta frecuencia a la antena, la guía de onda utilizada para este proceso dependerá de la distancia que haya desde el transmisor a la antena.

#### *1.5.1.5 Antenas*

Cuando la antena recibe la corriente de alta frecuencia proveniente del transmisor genera vibraciones en forma de ondas electromagnéticas que recorren grandes distancias llevando la información. La antena es la encargada de transmitir ondas electromagnéticas que se irradian en el espacio en el caso de una antena transmisora, si por otro lado hablamos de una antena receptora decimos que es pasiva ya que recibe ondas electromagnéticas y las entrega al receptor.

#### *1.5.2 Modulación Analógica*

En sistemas analógicos para transmitir información por el espectro radioeléctrico la señal en banda base (señal radio, tv, etc.) debe ser trasladada en el espectro de frecuencia, es decir la señal tiene que ser adaptada al canal de comunicaciones para su transmisión, este proceso se denomina modulación y la señal resultante se denomina señal modulada.

Para llevar a cabo este proceso es necesario una señal de frecuencia mayor a la de información, denominada como frecuencia portadora la que variará en amplitud, frecuencia o fase según las variaciones de la señal en banda base.

#### *1.5.2.1 Modulación AM*

En una modulación de amplitud o AM, la señal moduladora o de información se imprime en la amplitud de la señal portadora, es decir que la señal portadora pasa de tener un valor constante de amplitud a variar en el tiempo en función de la señal moduladora. Por su simplicidad fue el primer sistema usado para radiodifusión sonora (actualmente todavía usada pero en decadencia), telefonía de larga distancia y redes de banda ancha.

#### *1.5.2.2 Modulación FM*

La modulación de frecuencia o FM varía la frecuencia de la señal portadora de acuerdo a la intensidad de onda de la señal de información al contrario del caso anterior la amplitud es constante. FM permite una mejor calidad en la transmisión del sonido, esto se explica porque el ruido afecta a más a la amplitud que a la frecuencia y debido a que la información se almacena en la misma amplitud, AM se vuelve más vulnerable a la interferencia.

### **1.6 Radio Difusión de Audio Digital**

Cuando se utiliza el término de radiodifusión digital se refiere a la digitalización de las emisiones por ondas terrenales de los servicios de radio y televisión, un avance tecnológico que ha dado origen a los servicios de televisión digital terrestre y radio digital terrestre. La radiodifusión digital se caracteriza por mejorar la calidad de imagen y sonido en la recepción debido a que las señales son menos vulnerables a las interferencias y ruido, además permiten la introducción de nuevos servicios de valor añadido y optimizan el espectro radioeléctrico.

#### *1.6.1 Visión General del Servicio*

La radio digital es la transmisión y recepción de audio codificado digitalmente a través de ondas hertzianas, donde el transmisor de radio digital convierte el sonido en una serie de dígitos de ceros y unos para conformar la señal, posteriormente se envía a través del espectro radioeléctrico para que un receptor que se encuentre en su área de cobertura decodifique y reconstruya la señal original.

### *1.6.2 Ventajas*

- **Reducción de consumo energético:** Con la radio digital se utiliza hasta ocho veces menos energía en enviar las señales a los receptores en comparación con la radio analógica.
- **Mejor calidad de audio:** Brinda un sonido más claro y nítido en comparación con las señales analógicas usadas actualmente en el país.
- **Menor interferencia:** Al usar señales digitales se elimina muchas imperfecciones de la transmisión y recepción.
- **Receptores capaces de recibir datos:** Identifica la programación, tema musical, artista y otros datos como clima, tráfico, etc.
- **Uso más efectivo de la señal transmitida:** La señal digital optimiza el recurso sonoro, eliminando frecuencias no audibles por el oído humano y permitiendo una mayor transmisión de datos (una relación de 1 a 7 en comparación con el analógico) utilizando el mismo espectro SONORO. [http://observatoriotecedu.uned.ac.cr/media/radio\\_digital.pdf](http://observatoriotecedu.uned.ac.cr/media/radio_digital.pdf)
- **Optimiza el espectro radioeléctrico:** Da lugar a mayor número de estaciones debido a que mejora y economiza el espectro radioeléctrico, combinando en un solo bloque y por lo tanto un solo transmisor. Ofrece mayor cobertura alcanzando lugares de difícil acceso.
- **Uso de las tecnologías de comunicación:** Ya que se pueden difundir contenidos y servicios adicionales entrando en competencia en el mercado de las TICS.
- **Sintonizar una única frecuencia:** Algunos estándares como IBOC (HD RADIO) y DAB ofrecen la opción de implementar redes SFN (Single Frequency Network), es decir una red de estaciones transmisoras que utiliza la misma frecuencia para transmitir información.

### *1.6.3 Desventajas*

- En los países donde no se produce tecnología, están obligados a adoptar un estándar, por lo cual en algunos casos obliga a cambiar la asignación actual de frecuencias.
- Coste de los receptores, debido a su alto coste dificultará la adquisición de equipos de usuarios.
- Gran inversión por parte de las estaciones de radio para reemplazar equipos de estudio y transmisores tradicionales.

### *1.6.4 Tipos de estándares de radiodifusión digital*

Actualmente son cuatro los estándares de radio digital difundidos mundialmente, los cuales se señalan a continuación.

**Tabla 2-1** Características de estándares de radiodifusión digital sonora.

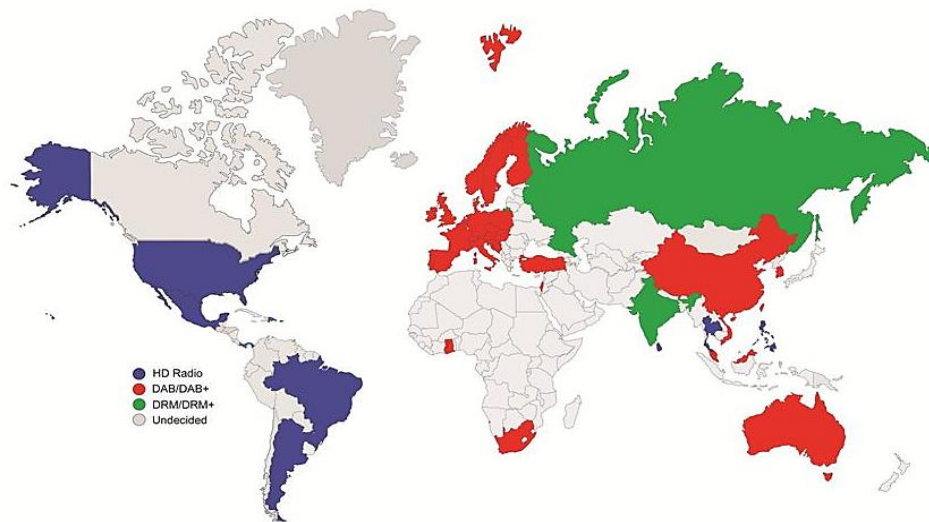
	<b>DAB</b> Digital Audio Broadcasting	<b>DRM</b> Digital Radio Mondiale	<b>IBOC</b> In-Band On- Channel	<b>ISDB-T<sub>SB</sub></b> Integrated Services Digital Broadcasting- Terrestrial Sound Broadcasting
Creación	Desarrollado por la UER y la Unión Europea en septiembre de 1995, surge el estándar a partir del proyecto Eureka.	Formado en 1998 por el consorcio DRM y aprobado en el 2003 por la UIT, recomendado por este organismo como único estándar mundial en bandas entre 3 y 30MHz	Desarrollado por Ibiqity Digital Corporation, se aprueba el estándar en abril del 2005	Sistema de radiodifusión creado en Japón, este estándar es totalmente digital y fue incluido en la recomendación ITU-P BS.1114-3 en el año 2004.
Principal Ventaja	Alta calidad de sonido a bajo consumo de recursos.	Puede operar de manera híbrida tanto en AM como en FM.	Convivencia de receptores analógicos y digitales mediante la misma señal recibida.	Calidad elevada incluso en receptores móviles.
Principal Desventaja	Se debe cambiar la infraestructura de transmisión y adquirir nuevos receptores	No existen muchos fabricantes de equipos receptores por lo que su adquisición es costosa.	Se debe pagar una licencia para incorporar esta tecnología.	No se encuentra muy difundido en el mundo ya que este estándar solo se utiliza en Japón.
Bandas	Banda III(174 a 240 MHz) Banda L(1452 a 1492Mhz)	Menores a 30 MHz. 30 a 174 MHz.	AM(530 KHz a 1710 KHz) FM(87.5 MHz a 108 MHz)	Bandas VHF(aproximadamente de 188 a 192MHz)
Países	España, Italia, Suecia Alemania, Francia, Reino Unido, Australia, Canadá y China.	Alemania, India, Rusia, Suecia y Brasil.	Estados Unidos, México, Nueva Zelandia, Brasil, Panamá, China, Tailandia, Republica Dominicana y Puerto Rico.	Japón

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

#### 1.6.4.1 Estándares de Radio Digital en el mundo

A pesar de que existen algunos países que tienen implementados varios estándares a la vez en la figura 6-1 se señala el estándar que se encuentra más difundido en cada territorio.



**Figura 6-1** Estándares de radio Digital en el mundo.

Fuente: <http://www.radioworld.com/global/0007/la-radio-digital-en-el-mundo-de-hoy/326601>

#### 1.6.4.2 Situación actual de Radio Digital

Tras aproximadamente dos décadas los esfuerzos para la radio digitalización, los sistemas emergen cada vez con mayor fuerza en algunos países de continentes Americano, Asiático, Oceánico, Africano y Europeo. Gracias a informes de prueba, comunicados de prensa e información gubernamental se puede tener una idea de la situación de radiodifusión en el mundo.

Comenzando por América sin duda el estándar HD Radio lidera la posesión de su marca hasta ahora, en Estados Unidos su transmisión es bastante exitosa ya que desde principios de su lanzamiento en 2004 más de 2000 emisoras transmitían bajo el sistema híbrido en su mayoría FM, considerando estas cifras muy buenas, Canadá por su parte realiza desde 2006 pruebas con HD Radio, aunque en un principio era partidario del sistema DAB pero fue decayendo por falta de adquisición de receptores.

Continuando hacia el sur México adoptó el estándar HD Radio en 2012, siendo autorizado también en países como Panamá Puerto Rico, República Dominicana y Jamaica. En Brasil se vienen desarrollando pruebas con HD Radio pero DRM toma cada vez más fuerza para la construcción de la plataforma digital Brasileña, en el resto de Latinoamérica varios países realizan pruebas para considerar el estándar HD Radio como es el caso de Argentina.

En Europa sin duda alguna lidera el estándar DAB debido que desde hace 20 años ingenieros de esta región comenzaron su desarrollo. En Reino Unido es la implementación líder a nivel mundial de radio digital, debido a su gran demanda los fabricantes de receptores se empeñaron en hacer más eficientes sus receptores abaratando costos, ahora las radios portátiles y en autos son más accesibles. Con el estándar DAB Noruega fue el primer país en apagar su señal digital reemplazando las emisiones FM por la señal digital, a partir del 11 de enero del 2017, considerando un ahorro anual de \$ 25 millones.  
[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/04/150421\\_tecnologia\\_noruega\\_radio\\_fm\\_cambio\\_digital\\_ig](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/04/150421_tecnologia_noruega_radio_fm_cambio_digital_ig)

DAB se extiende también hasta África (solamente Sudáfrica y Ghana) y en Asia en países desarrollados como China y Corea del Sur gracias a este último el estándar posee una más amplia gama de receptores económicos. En Australia el sistema DAB ha tenido un éxito tremendo ya que sus emisiones aumentan considerablemente desde sus emisiones en el 2007.

El estándar DRM fue seleccionado por países de dimensión continental como India y Rusia, pero esta tecnología también se adentra a coexistir con otras en una misma región como en China y Brasil. Así a lo largo del mundo la adopción del estándar continúa de una manera sosegada hasta que cada gobierno estimule el cambio a digital.

#### Radio Digital Sonora en Ecuador

En octubre del 2011 se realizó un convenio entre la Unión Nacional de Periodistas (UNP), concesionaria de la frecuencia de Radio Unión AM 820 kHz, y con la compañía The World Radio Missionary Fellowship Inc., concesionaria de radio HCJB, La Voz y Ventana de los Andes para que juntos con la Supertel se realicen pruebas técnicas de estándar DRM.

El consorcio DRM realizó algunas capacitaciones al personal técnico de la Supertel y de HCJB para dar a conocer generalidades del estándar, sistemas radiantes y características de transmisores de la tecnología DRM, posteriormente en enero en 2012 se realizaron las pruebas en la banda AM. <http://www.radioworld.com/global/0007/gustavo-orna-conversa-sobre-pruebas-de-drm/323709>

Como director nacional de gestión y control de radiodifusión y televisión de la SUPERTEL, el Ing. Gustavo Orna fue uno de los responsables para la adopción del estándar TDT en Ecuador y actualmente está a cargo del seguimiento para la implantación de radiodifusión digital sonora. Actualmente se sabe poco sobre convenios entre las entidades encargadas y consorcios de los estándares de radio sin embargo los representantes continúan coordinando acercamientos para la realización de pruebas.

## 1.7 Estándar de Radiodifusión digital DRM

### 1.7.1 Introducción

DRM son las siglas de Radio Digital Mondiale y es un estándar creado por el consorcio DRM, una organización conformada por entidades relacionadas a las telecomunicaciones, fabricantes de equipos de radiocomunicación, universidades e institutos de investigación, por lo tanto es una organización sin fines de lucro con más de 100 miembros en todo el mundo.



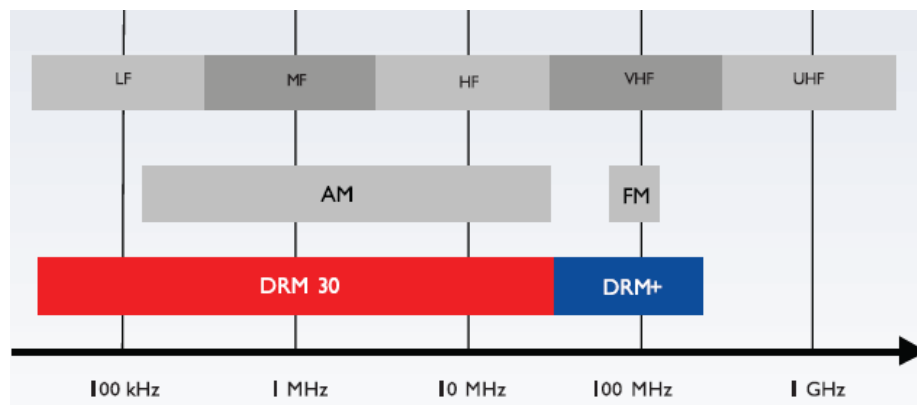
**Figura 7-1** Logotipo oficial DRM

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 3)

### 1.7.2 Generalidades del sistema

DRM ha sido certificado por organismos internacionales como el ETSI (Instituto Europeo de normas en telecomunicaciones) y la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) mediante la recomendación BS. 1514 “Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz”. (Molina Paez, y otros, 2013 pág. 19).

Existen diferentes modos de transmisión en los cuales DRM puede ser implementado, como se observa en la figura 8-1 se dividen en 2 grupos.



**Figura 8-1** Bandas de operación en DRM

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 8)



- Modos DRM 30: Creados para ser utilizados en las bandas AM por debajo de 30MHz.
- Modos DRM+: Utilizada para la radiodifusión en las bandas a partir de 30MHz hasta 174 MHz, por lo tanto este modo es utilizado para poder transmitir radio digital en la banda de FM (Banda II).

Una característica importante es que permite usar la distribución actual de frecuencias tradicionales en las bandas AM y FM, es decir no variar los anchos de banda atribuidos a frecuencias asignadas. Además se puede realizar una transición gradual con DRM ya que el estándar permite la transmisión de la señal analógica y digital al mismo tiempo en los dos modos en que opera.

DRM es compatible para redes de frecuencia única o redes multi frecuencia, otorgando una calidad de audio mejorada de manera considerable gracias a la robustez que ofrece la señal ante interferencias y desvanecimientos.

#### *1.7.2.1 Características*

- La calidad de sonido en AM es equivalente a la calidad de sonido FM analógico.
- Envío de datos (imágenes y texto)
- La sintonización se puede realizar a través del nombre de la estación y no por su frecuencia.
- Con DRM+ existe la posibilidad de transmitir hasta 4 canales lógicos.
- Reduce el consumo de potencia con transmisión completamente digital hasta en un 50%.
- Sintonización de otros servicios como audio analógico AM, FM o DAB, gracias a la señalización de frecuencia alternativa (ASF, Alternative Frequency Signalling), esto se hace con el fin de evitar recepción sonora de mala calidad.
- Para DRM en FM permite el envío de información adicional como:
- Guía de Programación Electrónica (EPG, Electronic Program Guide): Indica la fecha y hora de la programación que se transmitirá.
- Despliegue de texto como idioma y país de origen.
- Protocolo de transferencia de objetos multimedia (MOT, Multimedia Object Transfer Protocol): imágenes asociadas a la programación.
- Canal de mensajes de tráfico (TMC, Traffic Message Channel): Informa al usuario sobre tráfico en tiempo real.

### 1.7.3 Contenido DRM

Los elementos que conforman la señal DRM son de varios tipos como:

<b>Audio</b>	•La razon de ser de la comunicación por radiodifusión sonora.
<b>Datos Necesarios</b>	•Son aquellos datos esenciales para la transmisión con DRM, transportado por canales FAC y SDC.
<b>Datos adicionales o de valor agregado</b>	•Se pueden o no incluir en la transmisión.

**Figura 9-1** Elementos en una señal DRM

Realizado por: Pacheco David, 2017

#### 1.7.3.1 Datos Necesarios

- Etiqueta de servicio: Esta etiqueta permite seleccionar la programación mediante el nombre y es la herramienta esencial por la cual el radioescucha selecciona el programa.
- Identificador de servicio: Este identificador es asignado a la programación DRM, el cual permite el funcionamiento del ASF, también permite al usuario encontrar e identificar cierta programación cuando la frecuencia cambie (aplicado en redes de frecuencia múltiple).
- País de origen e idioma de servicio: Estos dos parámetros son basados en códigos asignados a cada país por la ISO (Organización Internacional de Normalización), en el caso del país la información esta referenciada a cierta región, por otra parte para el idioma el usuario puede definir el idioma de los programas que desea escuchar, muy útil en regiones donde existen diferentes lenguas.
- Tipo de Programa: Se puede seleccionar la programación de acuerdo al contenido (género musical, noticias, comedia, etc.), por lo que el sistema DRM también soporta la señalización de diferentes tipos de programas para los servicios de audio. (Salinas Ceccopieri, 2011 págs. 54-55)

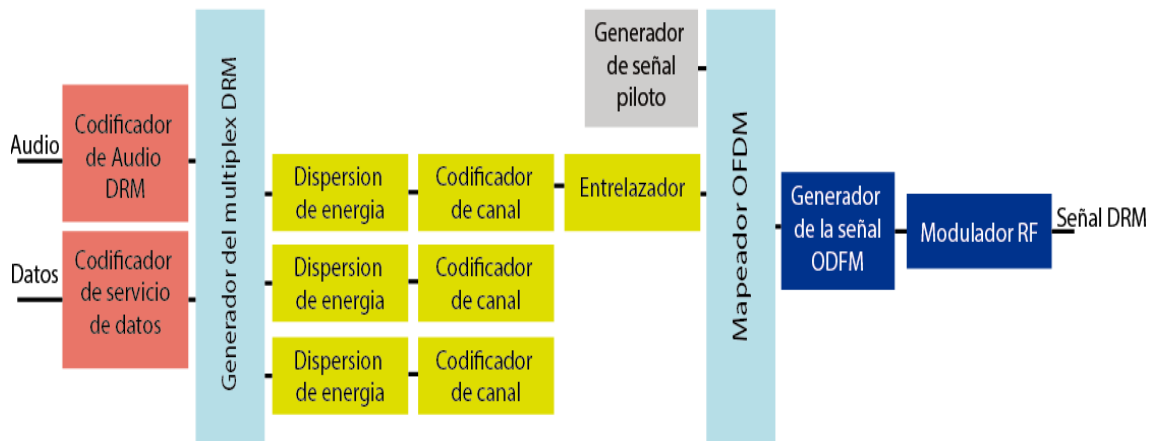
#### 1.7.3.2 Servicios adicionales

Este tipo de servicios pueden usar la capacidad total del MSC, o simplemente agregar texto que ocupen de 2kbps a 4kbps de la capacidad total del MSC.

- EPG: Es una guía digital de la programación disponible, además permite la grabación de programación mediante el receptor DRM o un grabador digital. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 56)
- Slideshow: Transmite imágenes relacionadas con la programación como imagen del álbum o fotografías referente a noticias, etc.

- Mensajes en texto plano: en estos mensajes están por ejemplo nombre de la canción, artista, programa, etc. Son básicamente mensajes de texto cortos de hasta 128 caracteres de longitud.
- TMC: Utilizados para enviar informes de tráfico en tiempo real.
- Journalie: Este servicio basado en texto puede ser asociado al programa en transmisión o como un servicio independiente.
- Diveemo: Todavía en desarrollo, lo que trata este servicio es de enviar videos en pequeña escala.

#### 1.7.4 Composición de sistema DRM



**Figura 10-1** Composición de señal DRM

Realizado por: Pacheco David, 2017

Posteriormente se detallan cada uno de los parámetros necesarios para a generación de la señal DRM. Las entradas básicas con las que cuenta DRM para formar su señal compuesta son las siguientes:

El canal principal de servicios (MSC, Main Service Channel) conformado por los servicios de datos y audio codificados.

La información de entrada a través del canales de acceso rápido (FAC, Fast Access Channel) y canal de descripción del servicio (SDC, Service Description Channel) el primero contiene información del canal y parámetros importantes para el servicio, mientras que el SDC contiene más datos como la identificación del servicio disponible en el MSC, junto con extensa información para decirle al receptor cómo decodificar cada servicio, contiene además la lista de frecuencias alternativas y horarios de frecuencia que se transmitiría si fuera apropiado.

#### *1.7.4.1 Codificación de la fuente*

Cuando se recepta la información de las entradas antes mencionadas DRM hace uso de sus tres codecs para transformar los datos a un formato digital, cada uno de ellos con ciertas características específicas, por ejemplo el codificador AAC (Audio Advanced) provee mayor velocidad de transmisión ya que codifica los sonidos que el cerebro puede captar.

Los códec CELP (Code Exciter Linear Prediction) y HVXC (Harmonic Vector Excitation Coding) fueron diseñados para codificar servicios de voz. Por último el codificador SBR (Spectral Band Replication) mejora el desempeño de los códec anteriores mediante una técnica de frecuencia en banda base.

#### *1.7.4.2 Dispersor de Energía y Entrelazador*

El dispersor de energía aleatoriza los bits con el fin de evitar periodicidad, reduciendo la regularidad no deseada a la señal, mientras que el entrelazador cambia la posición de bits reordenándolos de manera que no sean afectados en mayor magnitud por desvanecimientos del canal.

#### *1.7.4.3 Generador de la señal piloto*

El generador de la señal piloto agrega señales piloto de sincronización (de amplitud y fase), con el fin de obtener una demodulación en recepción coherente.

#### *1.7.4.4 Mapeador OFDM*

Con los símbolos resultantes de las etapas anteriores de los tres canales lógicos el mapeador OFDM coloca cada uno de ellos en subportadoras dentro de la señal OFDM.

#### *1.7.4.5 Codificación del canal*

El sistema DRM utiliza la Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia Codificada (COFDM), usando la modulación multinivel, lo que quiere decir que la codificación del canal y la modulación se optimizan de manera conjunta por lo que asigna diferentes niveles de protección dentro del mismo multiplex, por ejemplo para el canal lógico MSC se asigna un nivel de protección mayor que los canales SDC y FAC.

Para modular cada subportadora OFDM se usa la Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation), dependiendo de la calidad y robustez deseada se utilizara 64QAM o 16QAM en DRM30 y para DRM+ 16AQM o 4QAM. (DRM Consortium, 2013 pág. 21)

#### 1.7.4.6 Modulación y parámetros de codificación

El sistema define 5 modos preestablecidos de la letra A hasta E para modificar parámetros OFDM y optimizar el rendimiento del sistema como se muestra en la tabla 3-1.

**Tabla 3-1** Modos de Robustez

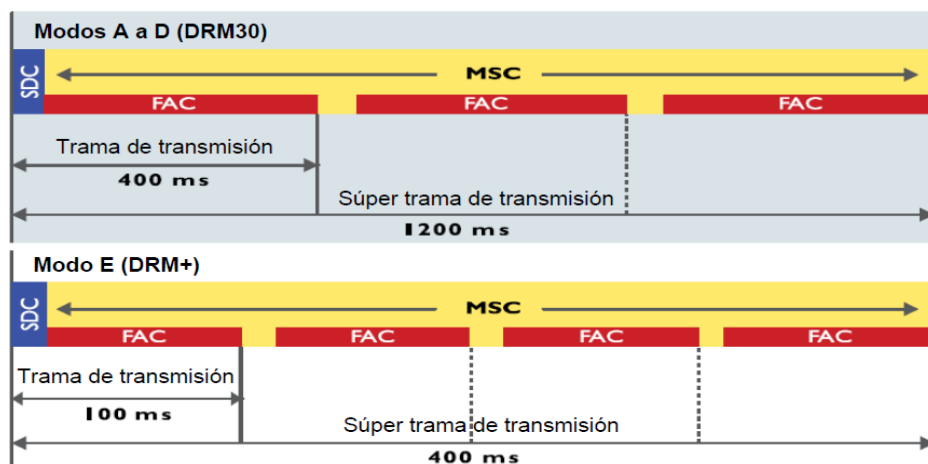
Sistema	Modo	QAM para MSC	Intervalo De Guarda[ms]	Separación de Portadoras[Hz]	Anchos de Banda Opcionales[Hz]
DRM 30	A	16, 64	2,66	41,67	4,5, 5, 9,10, 18, 20
	B	16, 64	5,33	46,88	4,5, 5, 9,10, 18, 20
	C	16, 64	5,33	68,21	10,20
	D	16, 64	7,33	107,18	10,20
DRM+	E	4, 16	0,25	444,44	100

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 61)

#### 1.7.5 Tramas DRM

Como se observa en la figura 11-1 la trama está conformada por celdas de datos MSC, FAC y SDC. El esquema conformado se basa en los requerimientos del receptor para sintonización, re sintonización y operaciones de contenido.



**Figura 11-1** Estructura de trama DRM30 Y DRM+

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 19)

Cada trama contiene un bloque FAC los que describen parámetros del canal, información necesarios para una sintonización rápida, mientras más servicios se realizan en el multiplexor se requieren más bloques FAC. 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, es decir, 1,200 ms o 400 ms dependiendo el modo. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 63)

### 1.7.6 Capacidad de transmisión

La capacidad de datos disponibles para el MSC puede variar, es decir se podría destinar más capacidad de transmisión de audio reduciendo la de datos por ejemplo, en la tabla 4-1 se despliegan opciones de robustez y velocidades de transmisión mínimas y máximas en cada modo.

**Tabla 4-1** Velocidades de transmisión DRM

Modo	Mod. QAM	Robustez (Tasa de Código de la Modulación)	Ancho de Banda Nominal de la Señal [kHz]						
			4.5	5	9	10	18	20	100
			Velocidad de Transmisión Aproximada [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

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 22)

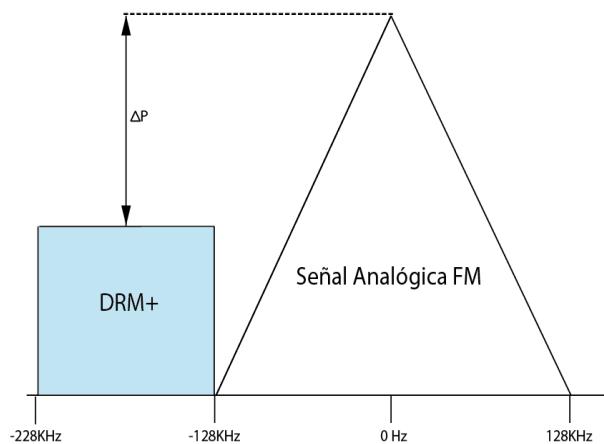
### 1.7.7 Modos de funcionamiento

La transmisión simultánea es una opción para emisoras que deben dar servicio análogo hasta algunos años más, pero también desea incursionar con servicios digitales, por lo tanto la difusión simultánea es la más factible debido a que la señal lleva el mismo contenido de programa (solo audio) en analógico y digital desde el mismo sitio de transmisión.

Para el presente estudio se analizará el sistema DRM+ debido a que uno de los rangos que incluye es el funcionamiento en los canales libres de la banda FM de 87,5 MHz a 107,9 MHz, ocupando esta señal digital un aproximado de 100 MHz.

#### 1.7.7.1 Híbrido

En este caso la señal análoga es retrasada en el tiempo con respecto a la señal digital para poder conmutar de una señal a otra sin retraso o adelanto de la programación, el cambio se puede dar cuando la señal digital tenga muchos errores y su transmisión se pierda. Como se observa en la figura 12-1 la señal digital se aloja a una frecuencia inferior adyacente de la señal análoga.



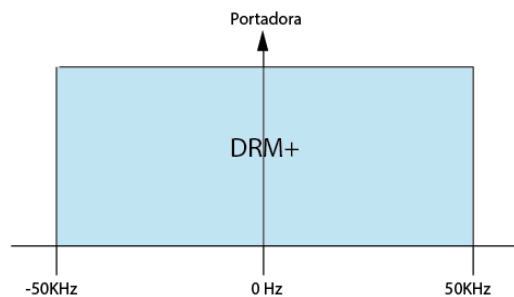
**Figura 12-1** Espectro modo simulcast DRM+

Realizado por: Pacheco, David, 2017

Para garantizar un nivel de calidad de audio se recomienda que la distancia entre las portadoras sea  $\geq 150$  kHz y al menos una diferencia en potencia  $\Delta P > 20$  dB. Para transmitir utilizando el sistema DRM+ en las bandas de frecuencias existentes junto con otras transmisiones, los niveles de protección y la máscara de transmisión aún no han sido estandarizados. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 66)

#### 1.7.7.2 Totalmente Digital

La señal DRM+ permite una velocidad de 35 a 185 kbps y la capacidad de transmitir hasta cuatro servicios, en el modo totalmente digital la señal analógica es reemplazada por la señal digital como se muestra en la figura 13-1.



**Figura 13-1** Espectro modo DRM+ totalmente digital.

**Realizado por:** Pacheco, David, 2017

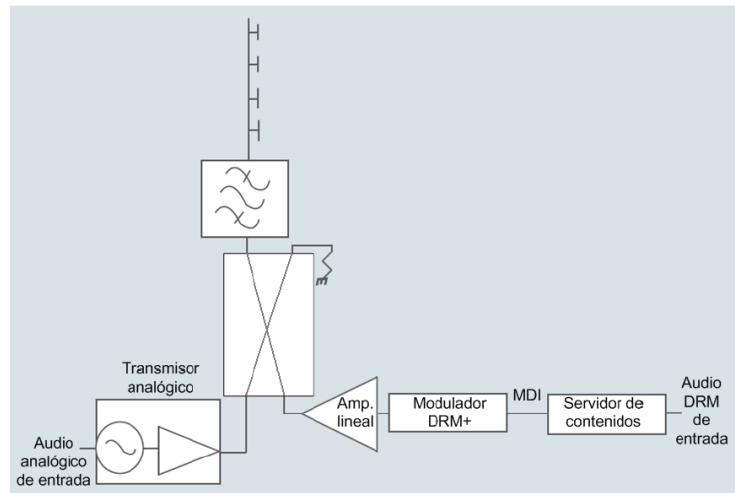
#### 1.7.8 Requerimientos para la transmisión FM y DRM+

Al igual que las diferentes arquitecturas de comunicación la topología varía de acuerdo a las necesidades de transmisión por lo tanto no será igual una topología para generar una señal híbrida o digital.

##### 1.7.8.1 Combinación por acoplador direccional

Ambas secuencias de generación de la señal, tanto FM como híbrida son generadas de manera independiente y se combinan luego de las etapas de amplificación gracias a un acoplador. Sin embargo en el acoplador se pierde potencia de transmisión pero con este método ofrece redundancia al sistema ya que si uno de ellos falla el otro continúa su transmisión.



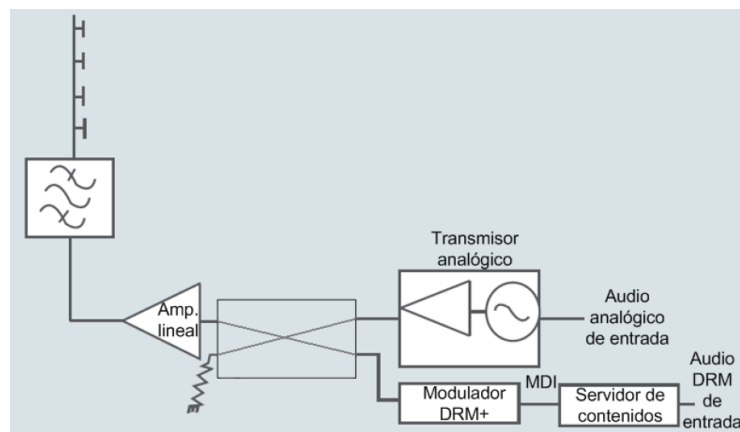


**Figura 14-1** Combinación con acoplador

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 56)

### 1.7.8.2 Combinación a bajo nivel

En esta topología la combinación se realiza en un bajo nivel de potencia es decir antes de la etapa de amplificación por lo que las señales FM y DRM+ son combinadas y su señal resultante es amplificada, en esta última etapa se debe considerar adquirir un amplificador de alta eficiencia para prevenir pérdidas considerables.



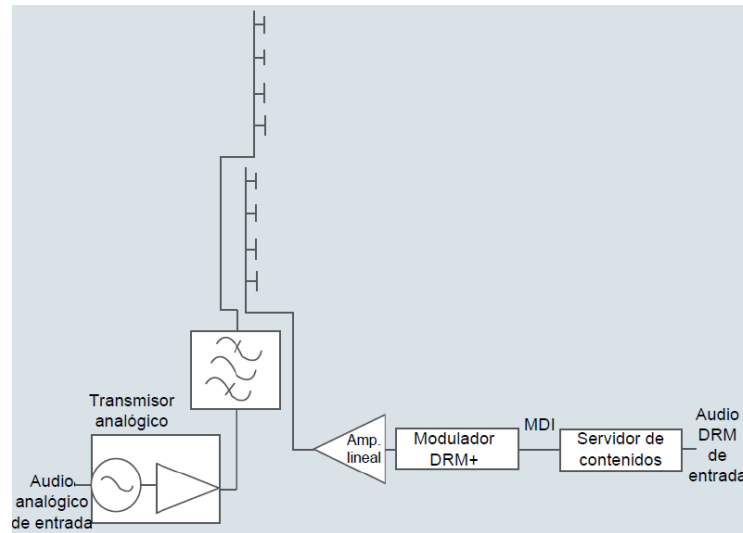
**Figura 15-1** Combinación a bajo nivel

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 57)

### 1.7.8.3 Combinación "al aire" de antenas separadas

Las señales DRM+ y FM nunca se combinan debido a que se usan antenas independientes para cada transmisión, las antenas deben estar en la misma torre y contar con un patrón de radiación similar para ofrecer la misma cobertura.

Esta topología ofrece un consumo de energía muy eficiente debido a que no existen pérdidas en el combinador, pero a cambio de esto se necesita otro arreglo de antenas, más espacio en la torre y se corre el riesgo de que la relación en los niveles de potencia varíen.



**Figura 16-1** Combinación con antenas separadas

Fuente: (DRM Consortium, 2013 pág. 56)

### 1.7.9 Receptores y costos adicionales

Los receptores existentes actualmente en el mercado son de muy alto costo ya que su valor oscila entre 200 a 500 dólares, además su producción y comercialización son todavía reducidas. Los receptores ofertados en el mercado son principalmente destinados para el mercado de radioaficionados con intereses de radio internacional a onda corta.

**Tabla 5-1** Radios DRM en el mercado

Radio Receptor	Características
<p>UniWave Di-Wave 100</p> 	<p>Receptor portátil capaz de sintonizar ondas medias, largas, cortas y la banda FM.</p> <p>Incluye una pantalla TFT de color de 3,5 pulgadas donde se puede visualizar fotografías y libros electrónicos, además de una interfaz gráfica multilingüe.</p> <p>Posee lectores de USB/SD, para reproducción MP3 y MP4.</p> <p>Fabricado en China con un precio al mercado de: \$ 319,95.</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.universal-radio.com/used/sold636.html">http://www.universal-radio.com/used/sold636.html</a></p>

<p>AVION AV-DR-1401</p> 	<p>Es un radio receptor digital fabricado en India, ofertado por internet el cual incluye cobertura de onda media, corta y banda II bajo el estándar DRM. Acepta hasta 4 programas en una misma frecuencia.</p> <p>Cuenta con una pantalla TFT de 3,5 pulgadas donde se visualizan aplicaciones multimedia.</p> <p>Posee escaneo automático de emisoras y soporta varios idiomas.</p> <p>Su precio estimado es de \$ 255.</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.radionoticias.com/noticias-2015/avion-av-dr-1401-receptor-drm-05112015.html">http://www.radionoticias.com/noticias-2015/avion-av-dr-1401-receptor-drm-05112015.html</a></p>
<p>Delphi DRM Car Radio</p> 	<p>Radio receptor que recibe señales AM, FM, DRM, DAB y HD Radio.</p> <p>También Delphi y Hyundai han completado pruebas de campo se han realizadas en India, para receptores integrados en el mercado automotriz.</p> <p>Su precio estimado es de \$ 500</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nautel.com/solutions/digital-radio/digital-radio-showcase/24-01-2012/">http://www.nautel.com/solutions/digital-radio/digital-radio-showcase/24-01-2012/</a></p>

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

Al ser DRM un estándar abierto y no propietario las personas pueden realizar cambios en el estándar para mejorarlo, sin embargo la compañía Via Leasing Corporation desarrolladora y administradora de programas de patentes, creo un fondo de patentes para DRM desde el 2003 para facilitar la concesión de licencias para los fabricantes.

Existen entonces derechos de regalías para toda clase de equipos DRM, por otro parte no hay cargo de regalías para usar el sistema en sí, es decir su transmisión o recepción. En equipos transmisores el valor de la licencia será el 2% del costo total del equipo y en fabricación de receptores de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 6-1** Derechos por regalías

Nº de Productos (Anuales)	Regalía por Producto
1-1000	Ninguna
1001-500 000	1,70
500 001- 1 000 000	1,50
1 000 000- 5 000 000	1,38
500 001- 10 000 000	1,13
10 000 001 – 15 000 000	0,88
15 000 000 en adelante	0,50

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** <http://www.via-corp.com/us/en/licensing/drm/overview.html>

## 1.8 Estándar de radiodifusión digital IBOC

### 1.8.1 Introducción

Una de las tecnologías de radiodifusión digital comprobadas y avaladas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones es el estándar IBOC, el cual es una forma de radiodifusión sonora que emplea sofisticadas técnicas para procesar la señal y entregar al usuario un sonido de alta calidad y otros servicios adicionales que se detallan más adelante.

El nombre IBOC (In-band On-channel) o “canal dentro de banda”, es un término que describe el uso de bandas de radiodifusión analógica existentes por lo que permite a las estaciones seguir transmitiendo en su canal de frecuencia asignado.

HD Radio es el nombre comercial para los sistemas digitales IBOC AM y FM, la tecnología IBOC fue creada por Ibiquity Digital Corporation. Este es el único sistema aprobado por la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) en los EEUU que se denomina oficialmente NRSC-5. Mediante la norma NRSC y la recomendación UIT-R 1514 los desarrolladores pueden tomar información para futuras implementaciones IBOC.

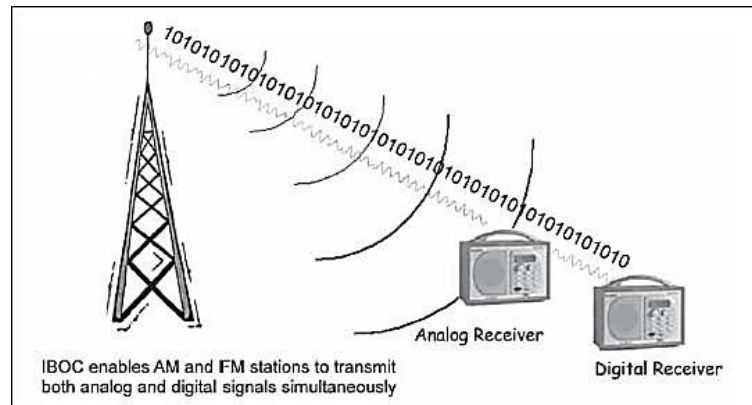


**Figura 17-1** Logotipo de HD Radio

Fuente: <https://hdradio.com/mexico>

### 1.8.2 Generalidades del sistema

La principal característica que posee este sistema es la permisividad de envío híbrido es decir la simultánea difusión del programa en modo analógico y digital, la señal digital es transmitida como una banda lateral de la señal analógica actual lo que permite una transición gradual del sistema hasta que suceda el apagón analógico.



**Figura 18-1** Envío simultáneo de información

Fuente: (Maxson, 2007 pág. 4)

En el sistema IBOC no se necesita un reordenamiento de las frecuencias existentes ya que trabaja en las bandas tradicionales de radio es decir AM (530 KHz a 1710 KHz) y FM (87,5 MHz a 108 MHz), ofreciendo una calidad de audio igual a la de un disco compacto en FM y calidad de audio igual a la de FM analógico en AM digital.

Ofrece canales multidifusión en la banda de FM: La multidifusión es la capacidad que tiene el sistema para difundir varios programas sobre una misma frecuencia. Esto permite a las estaciones de FM expandir la variedad de contenido que ofrecen sin necesidad de ocupar más canales de frecuencias dentro del espectro radioeléctrico. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 9).

Una de las principales diferencias entre HD Radio, DAB y DRM es que los últimos estándares son abiertos y controlados sin fines de lucro mientras que IBOC es un estándar controlado por Iquity los cuales son fabricantes de equipos de transmisión y recepción compatibles con el estándar y se debe pagar una licencia para incorporar esta tecnología.

#### 1.8.2.1 Características del sistema

Aunque el sistema ya se encuentra en marcha en algunos países la empresa Iquity desarrolla nuevas características para hacer más apetecible la experiencia de HD Radio, entre ellas se encuentran las siguientes:

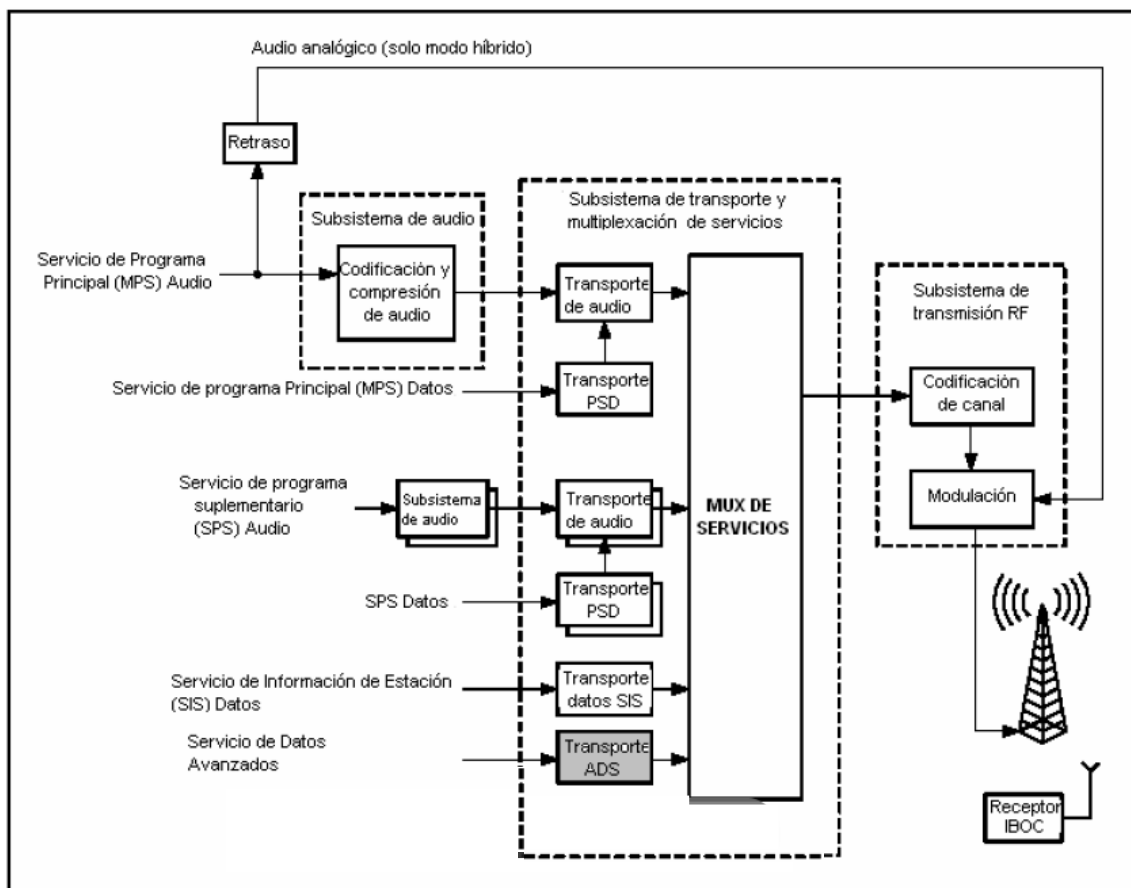
- Sonido envolvente
- Receptores de tráfico en tiempo real que serán desplegados en la pantalla del receptor.
- Almacenamiento y reproducción, ya que permitirá grabar una programación completa o repetir la canción que se acaba de reproducir.
- El usuario tendrá acceso a las noticias e información de su interés.

- Guía de programación electrónica (EPG, Electronic Program Guide), es una lista de estaciones, servicios, programas e información detallada de los mismos entregada por las estaciones para mejorar su identificación, selección del programa y sintonización, también permitirá colocar recordatorios de programación.

### 1.8.3 Sistema general IBOC

La figura 19-1 muestra los tres subsistemas principales del sistema de radiodifusión de radio digital IBOC especificado por NRSC-5 y cómo se relacionan entre sí. Los subsistemas principales son:

- Subsistema de RF / transmisión
- Subsistema de transporte y el multiplexor de servicios
- Audio y datos subsistemas de entrada



**Figura 19-1** Sistema de radio digital IBOC

**Fuente:** (Consumer Electronics Association and National Association of Broadcasters, 2011 pág. 16)

### 1.8.3.1 Subsistema de fuente de audio y datos

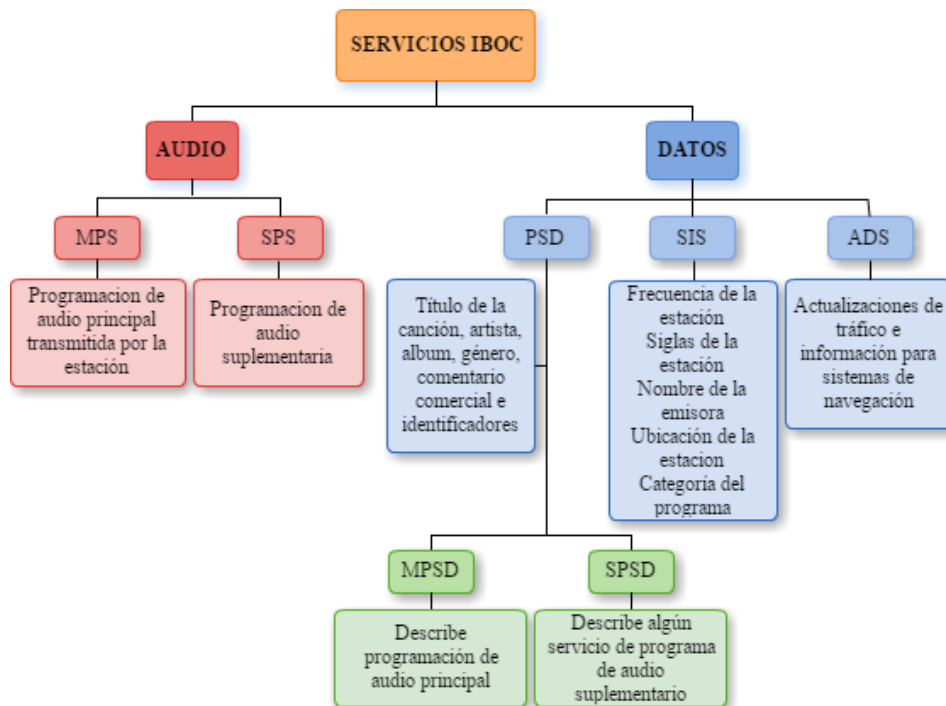
Para alcanzar el relevantamiento del servicio de la radio digital, la aceptación del mercado y garantizar la inversión de la industria se han incluido una serie de características adicionales a las de audio y datos que significan un valor añadido para el usuario e ingresos para la industria. Estas características adicionales se transmiten en la señal IBOC como servicios.

### 1.8.3.2 Subsistema de Transporte y Multiplexación de Servicio

Este subsistema toma la información de audio y datos, organizándola en paquetes y multiplexando los paquetes en un único flujo de datos. Cada paquete se identifica como flujo de paquetes de datos o flujo de paquetes de audio. Algunos paquetes de datos asociados con la programación de audio principal (PSD, Program Service Data) como artista o título de la canción, se añade al paquete que transporta el audio al que se asocia (MPS o SPS) antes de entrar al multiplexor.

### 1.8.3.3 Subsistema de Transmisión RF

Este subsistema toma el tren de bits multiplexados donde aplica codificación y entrelazado para reconstruir los datos enviados por el transmisor ya que debido a los efectos del canal estos datos no coinciden exactamente con la señal transmitida. El tren de bits codificados se modula sobre soportadoras OFDM.



**Figura 20-1** Servicios de audio y datos IBOC

Fuente: Pacheco David, 2017

## 1. Entrada de Audio

La codificación fuente y la compresión del servicio del programa principal (MPS, Main Program Service) y Servicio del programa suplementario (SPS, Supplemental Program Service) se realiza antes que la información de audio ingrese en el subsistema de Transporte y Multiplexación de Servicio. Cada servicio de audio tiene su propio subsistema de codificación fuente y compresión y estos no se especifican en la norma NRSC-5C.

En el modo híbrido el audio MPS analógico se modula directamente en la portadora de RF, este MPS analógico no pasa por el subsistema de transporte si no que se le aplica un retardo por lo que llegara al receptor lo suficientemente cerca de la señal de audio digital.

## 2. Entrada de Datos

Existen 3 tipos de entradas de datos para el sistema de transmisión de radio digital IBOC.

**PSD (Programa de Servicios de Datos):** Incluye información asociada con la programación de audio que se está dando en ese momento, por ejemplo si se está transmitiendo una canción indicara título de la canción, artista, álbum, genero, comentarios e identificadores comerciales.

Como se observa en la figura 20-1 La entrada PSD se clasifica en:

- MPSD: “Principal” PSD destinado a describir el programa de audio principal.
- SPSD: “Suplementario PSD”, destinado a describir el servicio del programa suplementario.

**SIS (Estación de Servicio de Información):** Aporta información general sobre la estación incluye también información técnica.

**ADS (Servicio de Datos Avanzado):** Proporciona información extra y no relacionada con MPS, SPS o SIS. Este tipo de servicios pueden dar información de audio o un flujo de datos.

Los canales lógicos subdivide el flujo de datos IBOC de manera que permite información se encuentre por segmentos. Esta segmentación permite que la información fluya de manera independiente en diferentes partes de la señal IBOC. Por lo tanto la señal digital se conforma de grupos de subportadoras digitales a las que se asigna uno o más canales lógicos.



### 1.8.4 Composición del sistema IBOC

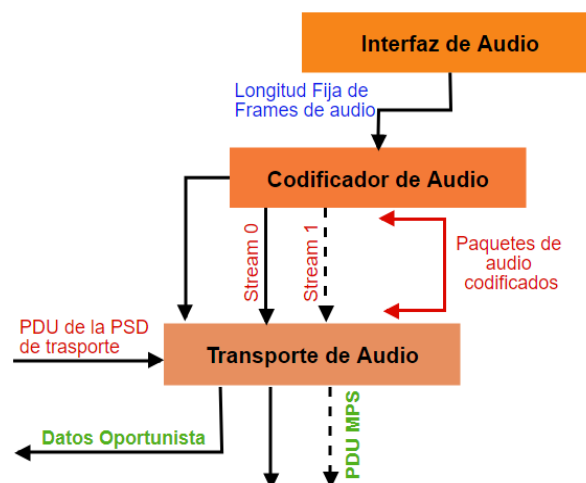
IBOC se diseñó en base al modelo OSI el cual es un modelo basado en capas, cada capa está diseñada para realizar una función específica ya sea en la transmisión o recepción.



**Figura 21-1** Capas IBOC

Fuente: Pacheco David, 2017

En la figura 22-1 se muestra la interfaz de la capa de transporte de audio con el resto del sistema de HD Radio, dirigiéndose de arriba hacia debajo de las capas descritas en IBOC, el codificador de audio recibe las tramas de audio de la capa de aplicación y codifica las muestras de audio en paquetes de audio codificada. En el transporte de audio también se adiciona el Programa de Servicio de Datos (PSD, Program Service Data) y multiplexa estos datos con audio codificado. Por lo tanto los flujos de salida contienen audio comprimido y PSD.



**Figura 22-1** Diagrama de la interfaz de transporte de audio

Fuente: (Consumer Electronics Association and National Association of Broadcasters, 2011 pág. 37)

**Tabla 7-1** Especificación de información de la figura 22-1.

<b>Estructura</b>	<b>Descripción</b>
Tramas de Audio	Las tramas de audio se componen de 2048 muestras de audio a una frecuencia de muestreo de 44,1 ksa/s.
Paquetes de audio codificado	Los streams de audio comprimido a la salida del codificador de audio pueden ser divididos en uno a dos flujos de salida en función del modo de codificador de audio.
MPS (o SPS) PDU	Esto se refiere a la salida del proceso de transporte de audio. Un MPS (o SPS) PDU consiste en información de protocolo seguido de una secuencia de paquetes de audio codificados. MPS (o SPS) PDU puede consistir en una o dos corrientes dependiendo del modo de códec de audio.

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

#### 1.8.4.1 Capa 4 Codificación de la fuente

El termino códec es la contracción de codificador/decodificador, aunque el estándar no incluye especificaciones para la codificación de la fuente de audio o la compresión, HD Radio utiliza el códec HDC patentada por Ibiquty.

El códec HDC es uno de muchos en el mercado diseñado para optimizar el uso del ancho de banda de transmisión y capacidad de almacenamiento dando como resultado un número de bytes menor para la transmisión o almacenamiento de datos.

Al ser HDC una forma modificada del codificador HE-AAC de flujo múltiple usado para proveer una cobertura más robusta. El codificador de flujo múltiple esparce el contenido de audio dentro de flujos de bits diferentes, el flujo de bits más importantes son colocados dentro de los flujos “básicos” y son transmitidos con mayor grado de protección contra errores, por otro lado los bits restantes son colocados en un flujo de bits “mejorados”. Por lo tanto el flujo de audio básico es más robusta que el flujo de audio mejorado.

El flujo de audio básico vale por sí mismo ya que proporciona información suficiente a la salida del decodificador, el flujo de audio mejorado no es útil sin la presencia del audio básico. Como indica su nombre el audio mejorado cuando está disponible mejora la calidad percibida del audio básico.

En la tabla 8-1 se muestran los modos de códec de audio utilizados para IBOC, tanto en AM y FM de acuerdo al tipo de flujo, tramas y velocidad de trasferencia de bits por PDU. Los modos de códec que todavía no se encuentran definidos son reservados para futura expansión, estos modos deberán ser compatibles con los ya definidos.

**Tabla 8-1** Modos de códec de audio

Modo de Códec de Audio	Uso	Número de Flujos	Tipo de Flujo	PDU'S por Trama	Paquetes de Audio por PDU	Velocidad de Transmisión [kbps]
0000	FM híbrido	1	Básico	1	32	96
0001	FM digital	2	Básico	8	4	48
			Mejorado	1	32	48
0010	AM híbrido	2	Básico	8	4	20
			Mejorado	1	32	16
	AM digital	2	Básico	8	4	20
			Mejorado	1	32	20
0011	FM digital	2	Básico	8	4	24
			Mejorado	1	32	72
1010	FM	2	Básico	1	32	22
			Mejorado	8	4	24
1101	FM	1	Básico	8	4	24
0100 -1001 1011 -1100 1110 -1111	Reservado	.....	.....	.....	.....	.....

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: (Consumer Electronics Association and National Association of Broadcasters, 2011 pág. 46)

#### 1.8.4.2 Capa 3 Transporte de audio

Una vez tenemos el flujo de audio codificado para cada servicio de programa se combina con información de texto (título, artista, etc.), el resultado se envasa para su transferencia en la capa 2. El transporte de audio maneja cada stream de forma independiente, produciendo PDUs para cada flujo. Los flujos básico y mejorado se transmiten en “canales lógicos” independientes que se manejan en las capas 2 y 1.

**Tabla 9-1** Distribución de trama

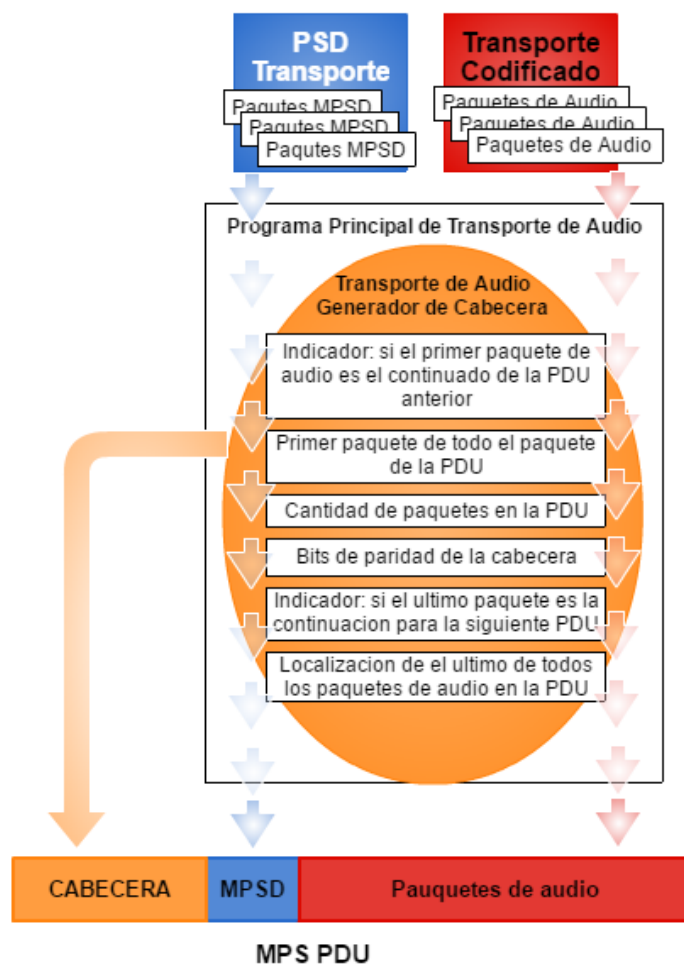
Fuente Antes de la Codificación	
Frecuencia de muestreo	44,1kHz/s por canal (principal) 32 KHz/s por canal (secundario)
Bits por muestra	16 izquierda + 16 derecha (estéreo) =32
Muestras por segmento de codificación	2048
Bits por segmentos de codificación	65536

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: (Maxson, 2007 pág. 92)

Además de recibir los 32 paquetes de audio por trama el transporte de audio maneja información basada en texto el cual es relacionado con el tipo de servicio de audio que se está transportando. Esta información de datos es conocida como PAD (Datos Asociados del Programa), sin embargo en el estándar NRSC-5 el término utilizado para la transmisión de texto de asociado con la información de audio se denomina PSD (Programa de Servicio de Datos). Hay que considerar que hay varias maneras de entregar PAD al radioescucha siendo una de ellas PSD.

Esta opción de datos asociados no es algo nuevo ya que en la transmisión de FM analógico existen subportadoras que pueden incluir RDS (Radio System Data) FM las cuales pueden incluir PAD. El transporte de audio no solo sirve de intermediario para el transporte de información de comunicación también genera su propia información. En la figura 23-1 se muestran los nombres de estos campos. Esta información que adiciona es casi en su totalidad estructural dando pautas para que el receptor sepa como leer las PDU MPS. El transporte de audio indica al receptor una serie de información como la cantidad de paquetes de audio que están encapsulados en la PDU.



**Figura 23-1** Campos de cabecera generado por el transporte de audio

Realizado por: Pacheco David, 2017

En caso de que parte del cuerpo de la PDU se encuentre dañado existen punteros que indican la dirección del último byte de cada paquete en la PDU, son llamados también campos de localización de paquetes. Para que estos campos de información de paquetes y otros datos añadidos a la cabecera estén bien protegidos se aplica una protección contra errores en la cabecera.

También existe un byte localizador que está en el paquete PSD. Debido a que los datos de Programa Principal de Servicios se insertan en la PDU MPS, antes del primer paquete de audio y después de la cabecera, es importante decirle al receptor cuando este sea localizado incluso cuando el paquete MPSD se corrompe el receptor puede encontrar el inicio del primer paquete de audio.

### **Protección de error de cabecera**

A pesar de que en la capa 1 se utiliza una codificación convolucional para detectar y corregir errores, para proteger aún más la cabecera se utiliza el código bloque Reed-Solomon (RS).

El código RS es un tipo de código perteneciente a la categoría FEC (Forward Error Correction), es decir corrección de errores de transmisión anticipada lo que permite la corrección de errores en el receptor sin retransmisión de la información original. Este sistema se utiliza en la norma NRSC-5C para radio digital IBOC porque al ser la radio un sistema sin retorno y en tiempo real no se puede esperar la retransmisión de datos, es por ello que FEC es utilizado también en TV digital, celulares y satélite.

Para poder corregir los errores en el receptor se añaden al mensaje bits de paridad (adicionales), formando la palabra código que es enviada al receptor que aplicando el algoritmo de corrección de errores adecuado obtendrá la secuencia de datos original.

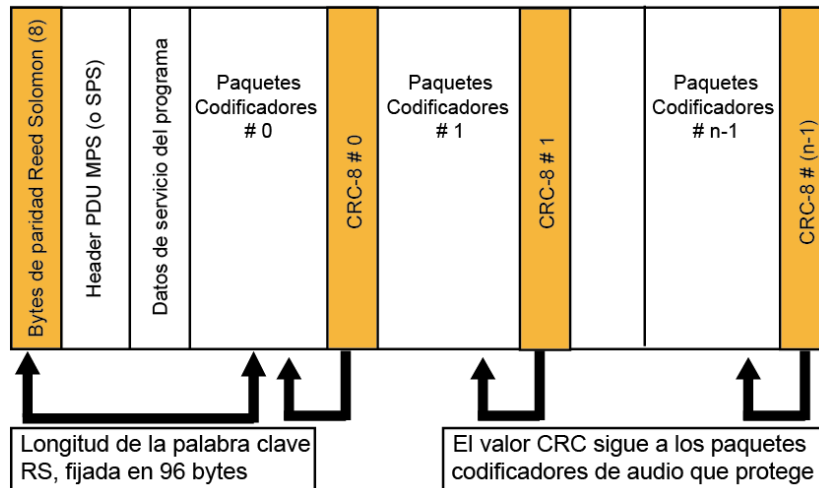
### **Protección de error para paquetes de audio**

Cada paquete de audio se etiqueta con un valor de código de redundancia cíclica (CRC-8), el cual es un método de control de integridad de datos, consiste en realizar una serie de divisiones entre el paquete de audio a enviar y el código generador, siendo el residuo de esta operación los datos adjuntos al mensaje de envío.

El polinomio generador usado es:  $g_8(x)=x^8+x^5+x^4+1$ , expresado en forma binaria 100110001, este polinomio es conocido tanto en el transmisor como en el receptor.

Finalmente en el receptor el mensaje enviado se vuelve a dividir para el polinomio generador y si el resultado es cero significa que el mensaje no ha sufrido ningún daño.

La información de protección de errores en una PDU de servicio de programa (MPS o SPS, núcleo o mejorada) está contenida en las columnas resaltadas.



**Figura 24-1** Corrección de errores en cabecera y paquetes de audio

Realizado por: Pacheco David, 2017

#### 1.8.4.3 Capa 2 Multiplexación

Esta capa lleva a cabo la multiplexación de servicios, su función es recibir el audio y los datos provenientes de las capas superiores del sistema de radio digital IBOC, multiplexar esta información dentro de las Unidades de Datos de Protocolo (PDU, Protocol Data Unit) y enviarla al Canal Lógico (LC, Logical Channel) apropiado, dentro de la capa 1.

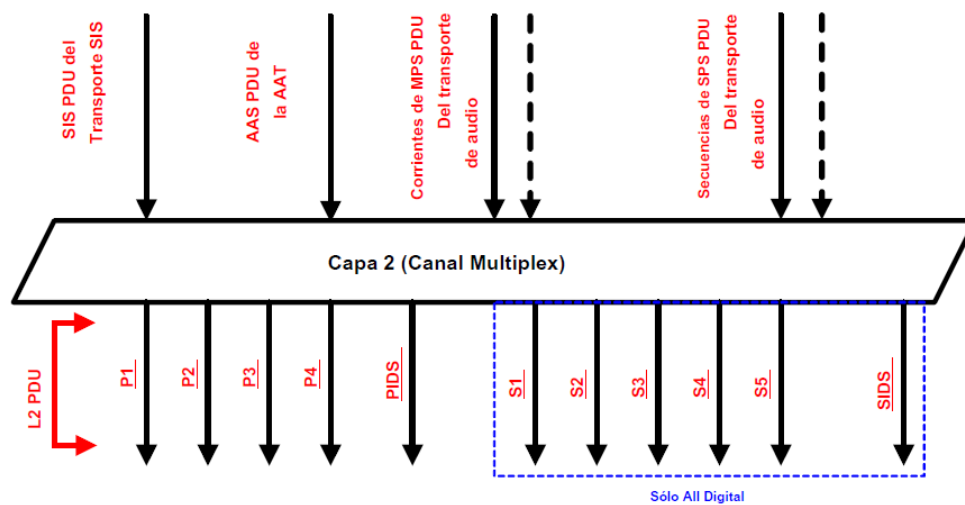
La capa 1 permite al sistema IBOC proporcionar cuatro tipos de servicios de transporte:

1. Servicio del Programa Principal (MPS, Main Program Service): Incluye el Audio del Servicio del Programa Principal (MPSA, Main Program Service Audio) y los Datos del Servicio del Programa Principal (MPSD, Main Program Service Data). Las Unidades de Datos de Protocolo (PDU, Protocol Data Unit) del MPS son generados por el Transporte de Audio y encapsulan tanto la información del MPSA como de MPSD.

2. Servicio del Programa Complementario (SPS, Supplemental Program Service): Este servicio da al radiodifusor la opción de multiplexar información de programas adicionales junto con la información del MPS. Al igual que los PDU's del MPS, los PDU's del SPS incluyen el Audio del Servicio del Programa Complementario (SPSA, Supplemental Program Service Audio) y los Datos del Servicio del Programa Complementario (SPSD, Supplemental Program Service Data).

3. Servicios de Aplicación Avanzada (AAS, Advance Application Services): Junto con el MPS, provee el mecanismo de transporte de paquetes de información de contenido adicional diferente al SPS. Existen dos métodos para multiplexar los datos del AAS dentro de una PDU de capa 2: fija y oportunista. Los datos fijos tienen asignado un ancho de banda específico que se obtiene reduciendo el ancho de banda asignado al MPS; los datos oportunistas, por su parte, hacen uso de cualquier ancho de banda que no sea utilizado por el MPS o el SPS.

4. Servicio de Información de Estación (SIS, Station Information Service): Es una conexión especializada para transmitir los datos del SIS en el canal lógico del Servicio de Datos Primarios IBOC (PIDS, Primary IBOC Data Service) de la capa 1. Para este canal lógico, la capa 2 no realiza la función de multiplexaje, simplemente envía los PDU's del SIS directamente, sin agregar cabeceras; esto debido a que aquí se transporta la información de las características de transmisión de la señal. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 16)



**Figura 25-1** Diagrama de interfaz de capa 2.

**Fuente:** (Consumer Electronics Association and National Association of Broadcasters, 2011 pág. 27)

#### 1.8.4.4 Capa 1 Física

Realiza las funciones de capa física y capa de enlace de datos del modelo OSI, esta capa crea un tren de datos de toda la información que recibe de las capas anteriores encargándose de la generación y transmisión de la señal IBOC. La capa 1 toma la información proveniente de la capa 2 y del administrador de configuración para formar la forma de onda AM o FM, esto se logra con ciertos procesos que se detallan más adelante.

La información de control del sistema llega a través del canal de control de Sistema (SCHH, Service Control Channel), es la siguiente:

Control de Modo de Servicio (SMC, Service Mode Control): Establece el funcionamiento y configuración de los canales lógicos (CL). Los modos de servicio que utiliza IBOC AM son: MA1 para modo híbrido y MA3 para modo totalmente digital. Mientras que para IBOC FM son de dos tipos:

- Modos de servicios primarios: MP1, MP2, MP3, MP5, MP6 y MP11, definidos por Modo de Servicio Primario (PMS, Primary Service Mode Control)
- Modos de servicios secundarios: MS1, MS2, MS3 y MS4.

Para las 3 formas de onda que posee el sistema IBOC FM se necesitan ambos modos de servicio sin embargo no todas las combinaciones son posibles, solo los SM primarios MP5 y MP6 pueden ser combinados con todos los MS secundarios, por otro lado los SM MP1, MP2, MP3 y MP11 se utilizan solo para modos híbrido e híbrido extendido.

Control de Nivel de Potencia (PL, Power Level Control): Define el nivel nominal de potencia relativo a la portadora analógica, las bandas laterales secundarias, terciarias y el Canal Lógico de Servicios de datos primarios (PIDS, Primary IBOC Data Service Logical Channel).

El nivel de potencia es utilizado solo en el modo híbrido AM y toma dos valores bajo o alto. Cuando el PL toma un valor de cero lógico, (bajo nivel de potencia), las subportadoras híbridas son escaladas CHS1, CHI1 y CHT1 para aumentar la cobertura digital. Cuando PL toma el valor de un uno lógico (alto nivel de potencia), las sub portadoras híbridas son escaladas por los factores CHS2, CHI2 y CHT2 para reducir la interferencia analógica.

Control de Ancho de Banda del Audio Analógico (AAB, Analog Audio Bandwidth Control): Especifica el ancho de banda que será utilizado por la señal analógica, es aplicado solo para la señal híbrida AM, cuando el AAB toma un valor de cero lógico la señal analógica ocupa un ancho de banda de 5KHz y si el AAB es un uno lógico el ancho de banda será de 8KHz.

Selector del factor de escala de Amplitud (ASF, Amplitude Scale Factor Selet): Es utilizado para escalar en amplitud las bandas laterales en la señal IBOC FM. Los factores de escala de las bandas laterales primarias (a0 y a1) se determinan al elegir el MS, en tanto los factores de escala de las bandas laterales secundarias (a2 hasta a5) son elegidos por el usuario mediante la tabla 11-1.



**Tabla 10-1** Factores de escala para formas de onda IBOC FM.

Forma de Onda	Modo de Servicio	Bandas Laterales	Factor de Escala	Densidad Espectral de Potencia Máxima <i>dBc</i> [ <i>subportadora</i> ]	Densidad Espectral de Potencia en AB de 1kHz[ <i>dBc</i> ]
Híbrida	MP1	Primarias	a <sub>0</sub>	-45.8min a -35.8 max	-41.4min a -31.4 max
Híbrida Extendida	MP2-MP6	Primarias	a <sub>0</sub>	-45.8min a -35.8 max	-41.4min a -31.4 max
Totalmente Digital	MP5-MP6	Primarias	a <sub>1</sub>	-27.3	-22,9
	MS1-MS4	Secundarias	a <sub>2</sub>	-32.3	-27,9
		Secundarias	a <sub>3</sub>	-37.3	-32,9
		Secundarias	a <sub>4</sub>	-42.3	-37,9
		Secundarias	a <sub>5</sub>	-47.3	-42,9

Realizado por: PACHECO, David, 2017

Fuente: (iBiquity Digital Corporation, 2011 págs. 15-19)

#### Canales Lógicos (LC, Logical Channel)

Los canales lógicos subdividen el flujo de datos IBOC de una manera que permite que la información sea segregada y permitiendo que la información fluya de forma independiente en diferentes partes de la señal digital IBOC. La señal digital se compone de grupos de subportadoras digitales a las que se asignan uno o más canales lógicos. En el modo IBOC FM se proveen 11 canales lógicos a las capas superiores.

Canales Lógicos Primarios: P1, P2, P3, P4 para transportar audio y datos asociados a la programación y PIDS para el transporte de datos SIS. Los 5 canales lógicos primarios pueden ser usados para todas las formas de onda FM.

Canales Lógicos Secundarios: Estos canales solo son utilizados para la forma de onda totalmente digital, son S1, S2, S3, S4, S5 los cuales transportan paquetes de audio, datos y el canal lógico de Datos Secundarios IBOC (SIDS, Secondary IBOC Data Service), que transporta información SIS.

Los canales lógicos están determinados por tres parámetros de caracterización transferencia, latencia y robustez (tabla 12-1 y tabla 13-1) correspondientes a IBOC FM. La codificación de canal, mapeo del espectro, profundidad de entrelazado y retraso por diversidad, son los componentes de dichos parámetros.

**Tabla 11-1** Caracterización de los canales lógicos según el modo de servicio

Modo de Servicio	Canal lógico	Tamaño de la trama [bits]	Velocidad de la trama [Hz]	Módulo de trama	Latencia [s]	Robustez relativa
MP1	P1	146176	Rf	1	Tf	2
	PIDS	80	Rb	16	Tb	3
MP2	P1	146176	Rf	1	Tf	2
	P3	2304	Rp	8	Tp	3
	PIDS	80	Rb	16	Tb	3
MP3	P1	146176	Rf	1	Tf	2
	P3	4608	Rp	8	Tp	3
	PIDS	80	Rb	16	Tb	3
MP11	P1	176176	Rf	1	Tf	2
	P3	9216	Rp	8	Tp	3
	P4	9216	Rp	8	Tp	3
	PIDS	80	Rb	16	Tb	3
MP5	P1	4608	Rp	8	Tp	1
	P2	109312	Rf	1	Tf	2
	P3	4608	Rp	8	Tp	3
	PIDS	80	Rb	16	Tb	3
MP6	P1	9216	Rp	8	Tp	1
	P2	72448	Rf	1	Tf	2
	PIDS	80	Rf	16	Tb	3
MS1	S4	18272	Rp	8	Tp	7
	S5	512	Rb	16	Tb	6
	SIDS	80	Rb	16	Tb	8
MS2	S1	4608	Rp	8	Tp	5
	S2	109312	Rf	1	Tf	9
	S3	4608	Rp	8	Tp	11
	S5	512	Rb	16	Tb	6
	SIDS	80	Rb	16	Tb	10
MS3	S1	9216	Rp	8	Tp	5
	S2	72448	Rf	1	Tf	9
	S5	512	Rb	16	Tb	6
	SIDS	80	Rb	16	Tb	10
MS4	S1	4608	Rp	8	Tp	11
	S2	146176	Rf	1	Tf	9
	S3	4608	Rp	8	Tp	11
	S5	512	Rb	16	Tb	6
	SIDS	80	Rb	16	Tb	10

Realizado por: PACHECO, David, 2017

Fuente: (iBiquity Digital Corporation, 2011 págs. 32-34)

**Tabla 12-1** Parámetros del sistema IBOC FM

Parámetro	Símbolo	Unidades	Valor exacto	Valor aproximado
Espaciado entre Sub portadoras OFDM	$\Delta f$	Hz	$\frac{1488375}{4096}$	363,4
Ancho Cíclico Predefinido	A	ninguna	7/128	5,249x10-2
Duración del símbolo OFDM	Ts	s	$= \frac{1 + \alpha}{\Delta f}$	2,902x10-3
Velocidad del símbolo OFDM	Rs	Hz	= 1/Ts	344,5
Duración de la Trama L1	Tf	s	65536/44100 = 512·Ts	1,486
Velocidad de la Trama L1	Rf	Hz	= 1/Tf	6,729x10-1
Duración del Bloque L1	Tb	s	= 32·Ts	9,288 x10-2
Velocidad del Bloque L1	Rb	Hz	=1/Tb	10,77
Duración del bloque par L1	Tp	s	= 64·Ts	1,858 x10-1
Velocidad del Bloque par L1	Rp	Hz	=1/Tp	5,383

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: (iBiquity Digital Corporation, 2011 págs. 29,31)

De acuerdo al modo servicio optado se configurará estos tres parámetros de caracterización para cada canal lógico.

Transferencia: También llamada salida de canales lógicos, está conformada por el tamaño de la trama, velocidad de la trama o el número de tramas trasferida por segundo. El mapeo del espectro y la codificación de canal son los componentes que determinan la transferencia de un CL, ya que el mapeo del espectro limita la capacidad, mientras que la cabecera de la codificación limita la cantidad de información de salida. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 22)

Latencia: Es el retraso atribuido por el CL a una trama mientras atraviesa la capa 1. La latencia de un CL está definida como la suma de su profundidad de entrelazado y su retraso por diversidad. A través del modo de servicio las capas superiores de IBOC asignan la latencia a cada canal lógico.

Robustez: Es un indicador de resistencia ante los efectos del canal como ruido e interferencias, existen 8 niveles relativos de robustez en IBOC AM, 1 indica un nivel de robustez alto y 8 uno bajo, en IBOC FM existen 11 niveles de robustez donde 1 indica un nivel muy alto de robustez y 11 una baja tolerancia a errores provocados por el canal. Los factores que determinan la robustez son la codificación, el mapeo, el entrelazado y el retraso por diversidad.

Capacidad de transmisión:

Para calcular la salida de información de un canal lógico se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Vel. de inform. a salida de CL} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = \text{tamaño trama}[\text{bits}] \cdot \text{vel. de transferencia} [\text{Hz}]$$

Por ejemplo en el caso de un modo de servicio MP1 para el canal lógico P1.

$$\text{Vel. de inform. a salida de CL} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 146176[\text{bits}] \cdot \frac{44100}{65536} [\text{Hz}] \approx 98,4 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

En el caso en donde haya la máxima capacidad e transferencia de datos se da en el modo completamente digital, combinado los modos de servicio MP5 y MS4.

$$\text{Vel. de inform. P1(MP5)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 4608[\text{bits}] \cdot 5,383 \approx 25 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Vel. de inform. P2(MP5)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 109312[\text{bits}] \cdot 0,6729 \approx 74 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Vel. de inform. P3(MP5)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 4608[\text{bits}] \cdot 5,383 \approx 25 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Vel. de inform. S1(MS4)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 4608[\text{bits}] \cdot 5,383 \approx 25 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

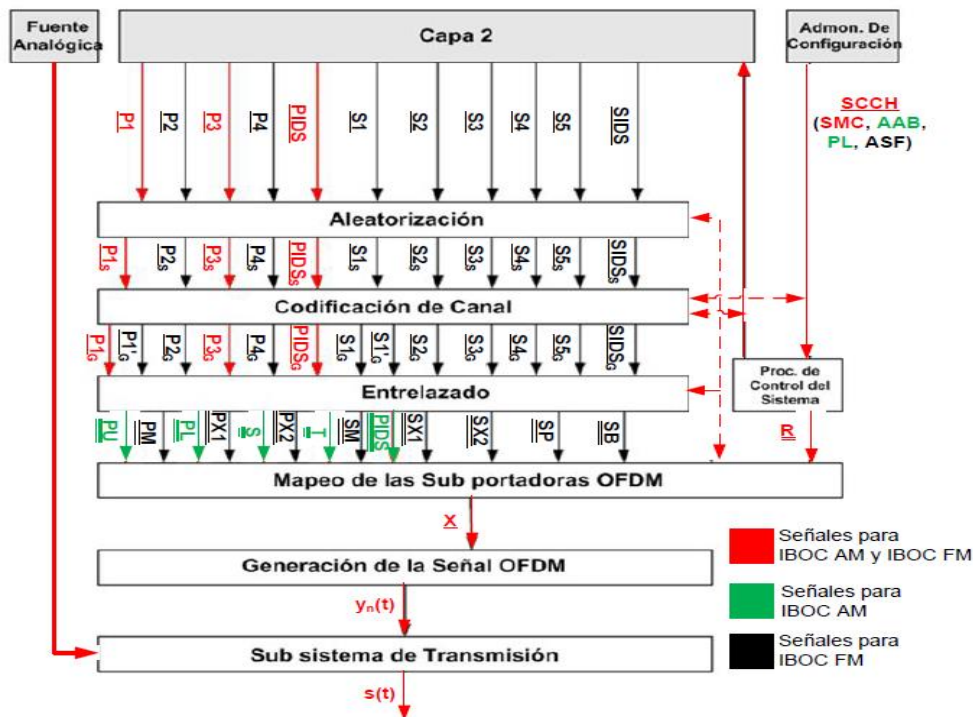
$$\text{Vel. de inform. S2(MS4)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 146176[\text{bits}] \cdot 0,6729 \approx 98 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Vel. de inform. S3(MS4)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 4608[\text{bits}] \cdot 5,383 \approx 25 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Vel. de inform. S5(MP5)} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right] = 152[\text{bits}] \cdot 10,77 \approx 6 \left[ \frac{\text{Kbits}}{\text{s}} \right]$$

La suma de las velocidades de información de cada modo da como resultado la velocidad de transmisión más alta posible de IBOC con 278 kbps, y la capacidad mínima que ofrece el sistema en FM es de 98 kbps en modo híbrido MP1.

## Componentes de la capa física



**Figura 26-1** Módulos de capa 1

Fuente: (Consumer Electronics Association and National Association of Broadcasters, 2011 pág. 29)

### Aleatorización

Los bits de cada canal lógico se codifican para aleatorizar los datos en el dominio del tiempo y ayudar en la sincronización del receptor. La aleatorización (Scrambling) elimina patrones repetitivos en el tiempo, llamados periodicidades, que pueden estar presentes. Esto se logra mediante el uso de un registro de desplazamiento para crear una secuencia binaria pseudo-aleatoria. Esta secuencia se combina con los datos entrantes desde la capa 2. Se usa el mismo registro de desplazamiento en el receptor para recuperar la información. El mismo diseño se emplea tanto para los sistemas AM Y FM IBOC.

Existen dos sumadores en el aleatorizador, uno sirve para generar la secuencia de aleatorización y el otro para aplicar esa secuencia a los bits de información. Cada aleatorizador genera una secuencia de aleatorización de longitud máxima utilizando un registro de desplazamiento de retroalimentación lineal con el siguiente polinomio primitivo:  $1+x^2+x^11$ .

Pseudo-aleatoriedad del aleatorizador no sólo rompe secuencias largas de un solo dígito (1 o 0), pero también asegura que los patrones repetitivos de bits están codificados. Ayuda a mantener una forma de onda de OFDM de tipo ruido y sin periodicidad.

## Codificación del canal

En esta etapa en la capa 1 los bits han sido aleatorizados pero no se ha añadido información adicional, sin embargo en la codificación del canal se desarrolla información redundante para mejorar la fiabilidad del flujo de información, pero esta tiene su costo y es el requerimiento de ancho de banda adicional.

La codificación utilizada es la codificación convolucional, la cual pertenece a la Corrección de Errores hacia adelante (Forward Error Correction, FEC) ya que como se mencionó anteriormente, permite la corrección de errores sin la retransmisión.

La codificación es configurada de acuerdo al Modo de Servicio, y cada codificador aplica la operación de perforado mediante el cual no se transmiten todos los bits codificados. Con este proceso se obtiene a la salida del codificador tramas de bits codificados asociados a cada canal lógico.

Los codificadores convolucionales para el modo IBOC AM son:

- E1 (usado por ambos SM's) utiliza una tasa madre de  $1/3$  la cual es perforada para obtener una tasa de codificación de  $5/12$ .
- E2 (usado solo por el SM MA1) utiliza una tasa madre de  $1/3$  perforada para obtener una tasa de codificación de  $4/6$ .
- E3 (usado por ambos SM's) utiliza la misma tasa madre  $1/3$ , sin perforar.

El sistema IBOC FM utiliza cuatro tasas de codificación que son:

- Tasa de codificación  $2/6$  (usado por los SM's secundarios),
- Tasa de codificación  $2/5$  (usado por todos los SM's excepto MS1)
- Tasa de codificación  $2/4$  (usado por todos los SM's excepto MP1 y MS1), todos generados a partir de una tasa madre de  $1/3$ ,
- Código con tasa  $2/7$  (usado por el SM MS1), generado a partir de una tasa madre de  $1/4$ .

## Entrelazado

El entrelazado toma el tren de bits y genera una matriz de bits reordenados, este reordenamiento minimiza el impacto de los errores de ráfaga causados por interferencias o desvanecimiento de la señal. De esta manera si existe bits de errores continuos estos se segmentan con el objetivo de repartir las ráfagas prolongadas de errores, facilitando así su posterior detección y corrección en recepción.

La salida del entrelazador está estructurada en forma de matriz, cada matriz de salida contiene información completa o parcial de los CL's y se asocia con una porción específica del espectro transmitido. Dichas salidas son luego dirigidas al bloque de mapeo de sub portadoras OFDM, donde se mapea un renglón de cada matriz de entrelazado a su respectiva banda lateral superior e inferior. Este mapeo depende del SM seleccionado para la transmisión. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 26)

## Procesamiento de control del sistema

El procesamiento de control del sistema recibe datos del administrador de configuración a través de SCCH. Los datos SMC, PL, AAB y ASF, son combinados con bits de sincronización y paridad, para crear una matriz de secuencia de datos de control del sistema denominada R. Esta matriz sirve para modular las subportadoras de referencia, siendo el caso de IBOC AM, se encuentran localizadas a los lados de la portadora analógica principal, mientras que en la señal IBOC FM la ubicación de estas subportadoras depende del SM.

## Mapeo de Soportadora OFDM

Esta función asigna las matrices resultantes del entrelazado y la matriz de control del sistema a la subportadoras OFDM. La modulación que se aplicara dependerá del sistema que se use (IBOC AM o IBOC FM) y por ende la posición de las subportadoras dentro del espectro.

Para el caso del sistema IBOC AM, en la forma de onda híbrida, los renglones de las matrices de entrelazado que están destinados a las bandas laterales primarias, son mapeados utilizando una modulación 64QAM, aquellos destinados a las bandas laterales secundarias y la información del PIDS utilizan una modulación 16QAM, finalmente, los renglones destinados a las bandas laterales terciarias utilizan modulación QPSK. Para la forma de onda totalmente digital, la información de las bandas laterales secundarias y terciarias utilizan modulación 64QAM, mientras que la información del PIDS usa modulación 16QAM. En ambos casos, para las sub portadoras de referencia se utiliza la modulación BPSK.

Para el sistema IBOC FM, independientemente del SM seleccionado y de la forma de onda transmitida (híbrida, híbrida extendida o totalmente digital), las sub portadoras de datos utilizan una modulación QPSK y las sub portadoras de referencia utilizan la modulación BPSK. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 27)

#### Generación de la señal OFDM

Este módulo recibe símbolos complejos OFDM en el dominio de la frecuencia provenientes del módulo anterior y genera los pulsos en el dominio del tiempo (la conversión se realiza aplicando la transformada de Fourier Discreta), resultando así la porción digital de la señal IBOC.

### ***1.8.5 Modos de Funcionamiento***

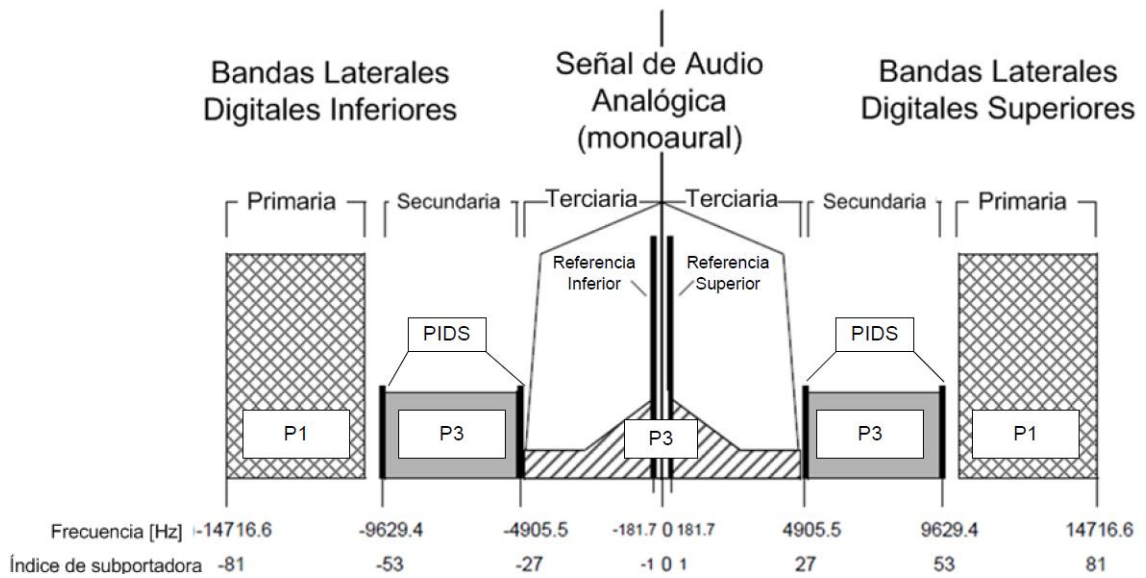
El sistema de IBOC AM posee la capacidad de migrar del antiguo sistema de radio difusión al nuevo sistema digital, presenta dos formas de hacerlo ya sea de modo híbrido (simulcast) y la transmisión exclusivamente de señales digitales, a continuación se detallan cada una de ellas.

#### ***1.8.5.1 Híbrido AM***

Como su nombre lo indica es aquel que combina las señales analógicas y digitales simultáneamente quedando la señal digital a los laterales de la analógica como se muestra en la (figura 27-1). La señal digital es reducida en amplitud con respecto a la señal analógica. Este modo permite a los usuarios recibir la programación tanto en receptores nuevos como en los convencionales facilitando el proceso de transición.

El ancho de banda del audio analógico en el modo híbrido es de 5KHz o 8KHz. Para el caso del ancho de banda de 5KHz la señal digital es transmitida en las bandas laterales primarias, secundarias y el terciarias por debajo de la señal analógica (figura 27-1).

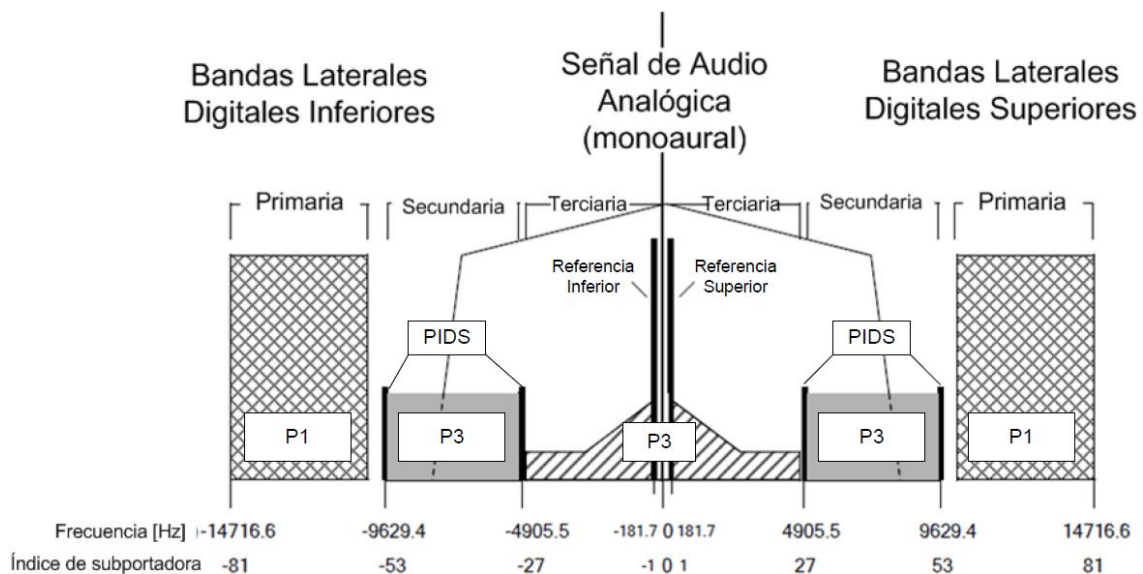




**Figura 27-1** Espectro onda híbrida IBOC AM, ancho de banda de audio analógico de 5KHz.

Fuente: (Maxson, 2007 pág. 256)

En el caso del ancho de banda de audio analógico de 8KHz además de las bandas laterales terciarias, gran parte de las bandas secundarias se encuentran por debajo de la señal analógica (figura 27-1). El motivo por el cual existe esta última configuración es porque la cobertura analógica se mejora pero podría causar interferencia a la señal digital de las transmisiones híbridas adyacentes. Sin embargo si se utiliza el ancho de banda analógico de 5KHz se pueden evitar dichas interferencias pero menorando la cobertura analógica.



**Figura 28-1** Espectro onda híbrida IBOC AM, ancho de banda de audio analógico de 8KHz

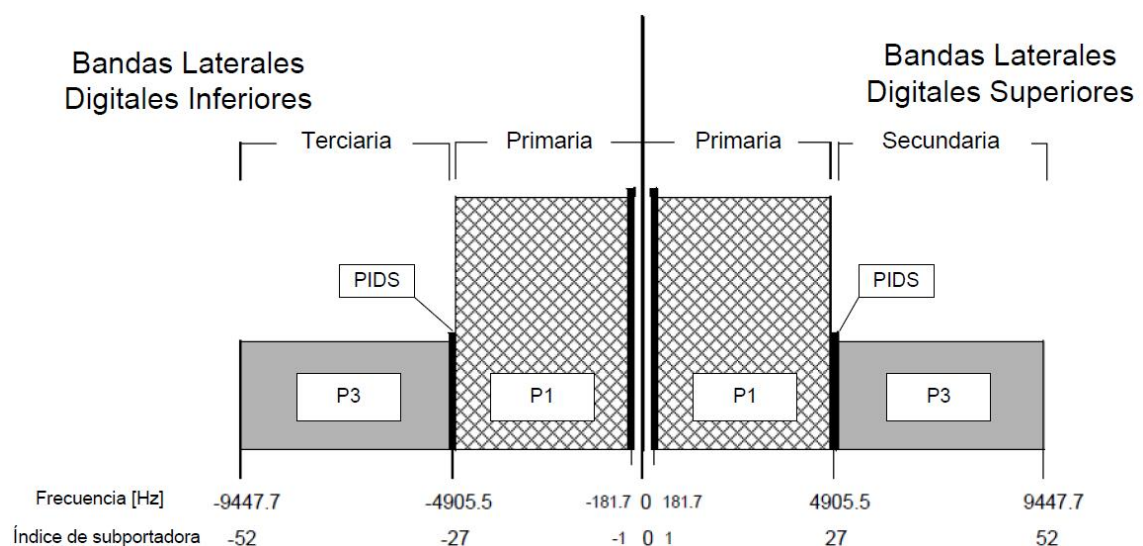
Fuente: (Maxson, 2007 pág. 256)

Al ser la radio digital un sistema compuesto con otros servicios complementarios, también se transmite información de control a través de las subportadoras de referencia localizadas a los lados de la portadora principal. El canal lógico PIDS es transmitido en subportadoras individuales en las bandas laterales superior e inferior de las dos bandas laterales secundarias (figura 28-1).

La potencia de las subportadoras OFDM se regula de acuerdo al nivel de las subportadoras dentro de la misma banda lateral, los niveles de potencia de todas las bandas laterales son establecidos de acuerdo al nivel de la portadora analógica principal sin modular. (Consumer Electronics Association and National Association of Broadcasters, 2011 pág. 31).

### 1.8.5.2 Totalmente Digital AM

En este caso al no existir señal analógica el ancho de banda es reducido (18,895 kHz) haciendo que la forma de onda totalmente digital sea menos susceptible a interferencias por canal adyacente. El vacío que deja la señal analógica es reemplazado por bandas laterales primarias de alta potencia pero la portadora AM analógica se mantiene. La banda lateral secundaria es movida a frecuencias más altas sobre la banda lateral primaria, la banda lateral terciaria es movida a frecuencias más bajas por debajo de la banda lateral primaria. Finalmente, la potencia de las bandas laterales secundaria y terciaria es incrementada.



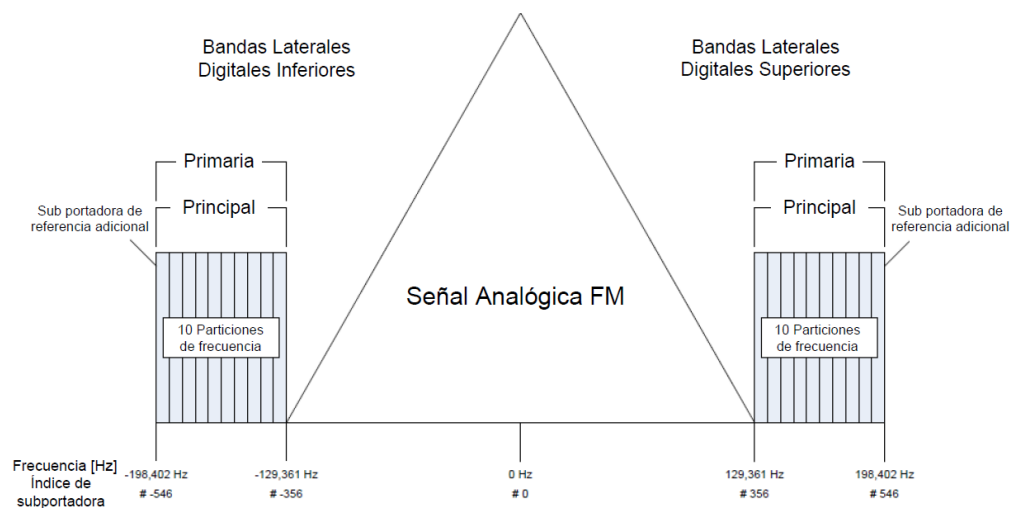
**Figura 29-1** Espectro onda totalmente digital IBOC AM.

Fuente: (Maxson, 2007 pág. 257)

Para implementar el sistema IBOC FM existen tres modos de funcionamiento, los modos híbrido e híbrido mejorado incorporan la señal analógica FM junto con la digital mientras que el modo totalmente digital no lo hace. Al igual que IBOC AM los tres tipos de onda utilizan la modulación OFDM para modular la señal digital.

### 1.8.5.3 Híbrido FM

La señal digital es transmitida en las bandas laterales primarias que se encuentran en la parte superior e inferior de la señal analógica el ancho de banda en esta forma de onda es de  $\pm 198$  KHz. Cada banda lateral primaria está compuesta por 10 particiones de frecuencia y cada partición comprende 18 subportadoras de datos y una subportadora de referencia.



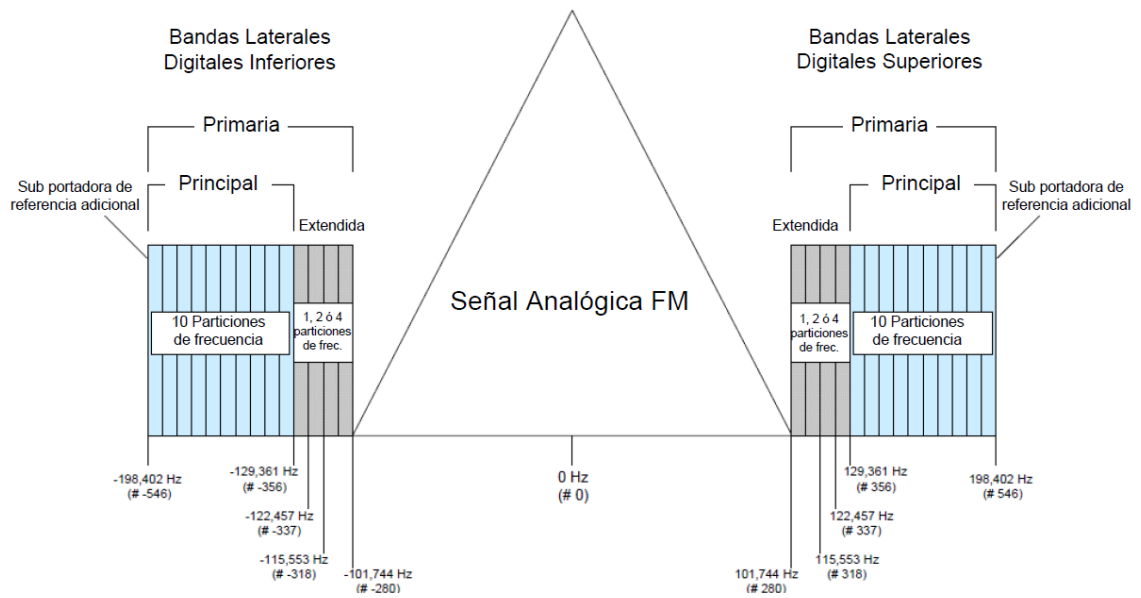
**Figura 30-1** Espectro onda híbrida IBOC FM

Fuente: (iBiquity Digital Corporation, 2011 pág. 36)

El ancho de banda aproximado es de 400 kHz donde la señal analógica ocupa 260 kHz, por su lado la señal digital es decir las portadoras OFDM existen 380 en total de -546 a -356 y de +356 a +546, sin embargo las subportadoras 456 y -546 solo son de referencia adicionales.

### 1.8.5.4 Híbrido Extendido FM

Utilizado para incrementar la señal digital, la forma de onda híbrida extendida reduce el espectro ocupado por la señal analógica y la ocupan las bandas laterales con la denominación de banda lateral Primaria Extendida (Px, Primary Extended), con este cambio la señal digital mejora su capacidad de transmisión y cobertura pero la señal analógica se ve afectada en su cobertura al reducir el ancho de banda ocupada por la misma.



**Figura 31-1** Espectro onda híbrida extendida IBOC FM.

Fuente: (iBiquity Digital Corporation, 2011 pág. 37)

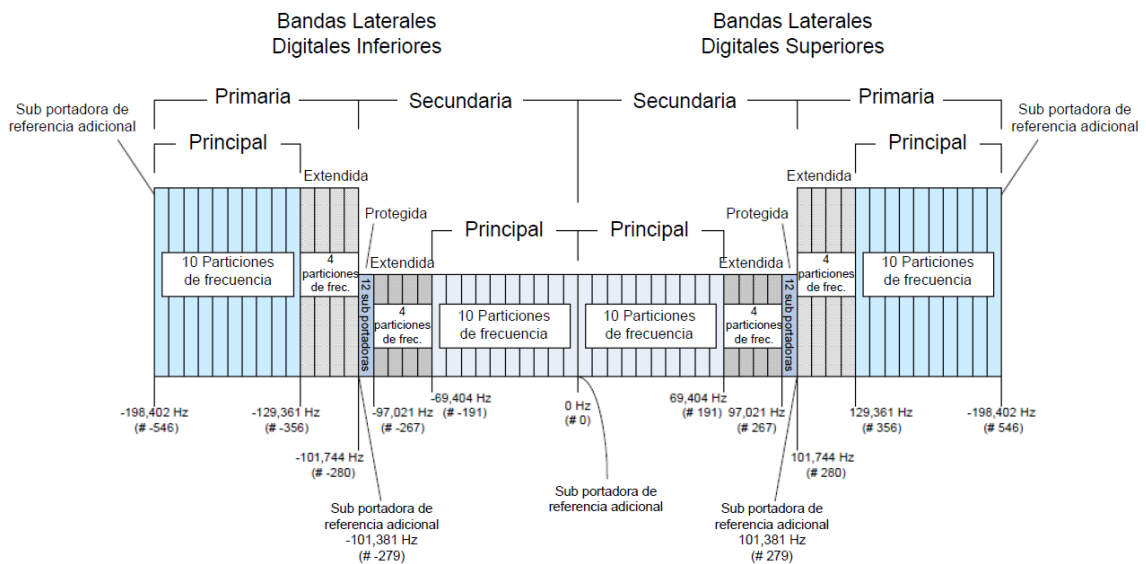
Como se observa en la figura 31-1 las bandas laterales digitales son ampliadas ocupando la analógica con respecto a la figura 30-1. Dependiendo del modo de servicio (SM) dependerán las particiones de frecuencia del PX, dividiendo en 1, 2 o 4 particiones. Para el modo MP1 no se utilizan las bandas PX, para el modo MP2 utiliza una partición de frecuencia, para el modo MP3 se utilizan dos particiones y para los modos MP5, MP6 y MP11 usan cuatro particiones de frecuencia.

El ancho de banda total sigue siendo el mismo que el su predecesor aproximadamente 400 kHz, pero ahora la señal analógica ocupa un AB de 204 kHz y el sobrante la señal digital como se muestra en la figura 31-1.

Tomando en cuenta que en el futuro, las estaciones de radio decidan transmitir en modo híbrido la canalización será igual a la actual de 400 kHz, es decir una separación de 400 kHz entre las portadoras analógicas. Está demostrado por NAB (Nacional Association of Broadcasters) que si dos estaciones sirven en la misma zona geográfica para evitar interferencias por canal adyacente, la potencia de transmisión de la portadora lateral digital inferior se reduce 4 dB con respecto de la portadora lateral digital superior de la estación que opere en la frecuencia más baja.

### 1.8.5.5 Totalmente Digital FM

Con este modo el sistema IBOC digital ofrece sus servicios de mejor manera ya que la señal analógica es completamente eliminada y en su lugar se colocan bandas laterales secundarias de baja potencia, además el AB de las bandas laterales primarias es reducido. Como se observa en la figura 32-1 cada banda lateral primaria principal tiene 10 particiones de frecuencia y cada banda primaria extendida tiene 4 particiones de frecuencia, lo mismo sucede con las bandas laterales secundarias principales (SEM, Secondary Main) y secundarias extendidas (SX, Secondary Extended).



**Figura 32-1** Espectro onda totalmente digital IBOC FM.

Fuente: (iBiquity Digital Corporation, 2011 pág. 39)

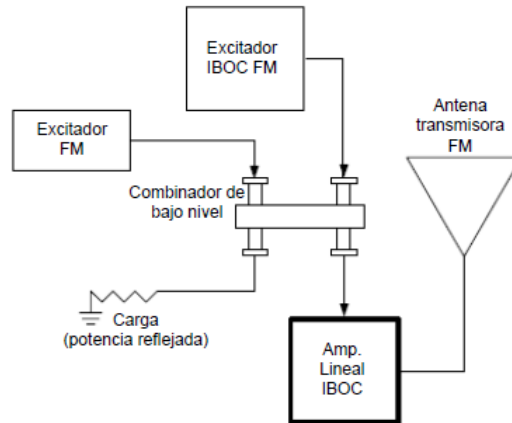
Además, cada banda lateral secundaria cuenta con una pequeña región secundaria protegida formada por 12 sub portadoras OFDM y las sub portadoras de referencia +279 y -279. Estas bandas laterales son llamadas “protegidas” porque están localizadas en el área del espectro menos afectada por interferencias analógicas o digitales. (Salinas Ceccopieri, 2011 pág. 37).

### 1.8.6 Combinación de señal IBOC el modo híbrido FM

Para la transmisión a través del canal VHF, la señal híbrida resultante en la etapa final se combina la señal analógica y digital. Para lograr este fin se lo puede realizar de tres maneras distintas.

### 1.8.6.1 Combinación a bajo nivel o amplificación común

La señal digital y analógica se combinan una vez salgan del excitador para cada una de las señales, luego la señal combinada se amplifica hasta la potencia de transmisión deseada por medio de amplificadores lineales y se transmite a través de una sola antena (figura 33-1). Este método es llamado bajo nivel debido a que la señal digital y analógica es mezclada antes del proceso de amplificación.

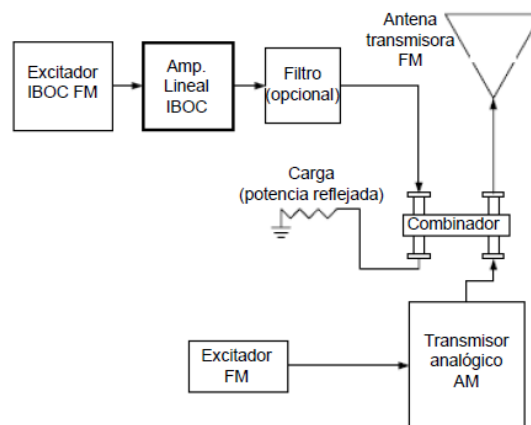


**Figura 33-1** Diagrama de combinación a bajo nivel.

Fuente: [https://hdradio.com/sites/default/files/conversion\\_requirements.pdf](https://hdradio.com/sites/default/files/conversion_requirements.pdf)

### 1.8.6.2 Combinación a alto nivel o amplificación separada

Llamado de alto nivel debido a que la etapa de amplificación se realiza antes del mezclado de la señales y de manera independiente, luego de ser amplificadas se combinan para posteriormente enviarla hacia la antena.

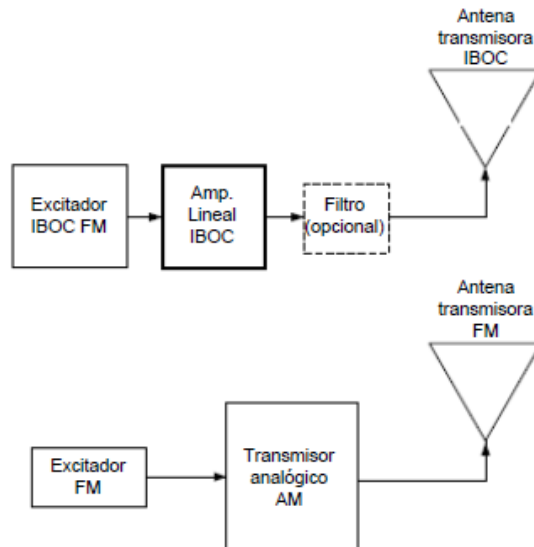


**Figura 34-1** Diagrama de combinación con amplificación separada

Fuente: [https://hdradio.com/sites/default/files/conversion\\_requirements.pdf](https://hdradio.com/sites/default/files/conversion_requirements.pdf)

### 1.8.6.3 Combinación espacial o antenas separadas

Las señales analógica y digital son transmitidas y amplificadas de manera independiente usando arreglos de antenas separadas para transmitir la señal pero con la condición de que cumplan con aproximadamente el mismo patrón de radiación y que la diferencia de fase no supere los 30 cm ya que si este caso ocurriera la señal analógica se deterioraría, estas consideraciones fueron hechas por la empresa Ibiquity en base a pruebas realizadas.



**Figura 35-1** Diagrama de combinación espacial.

Fuente: [https://hdradio.com/sites/default/files/conversion\\_requirements.pdf](https://hdradio.com/sites/default/files/conversion_requirements.pdf)

### 1.8.7 Consideraciones para el sistema de transmisión

En este segmento se describen los componentes necesarios para una estructura de transmisión bajo el estándar IBOC ya sea de manera completamente digital o híbrida, además se describen las características que deben poseer dichos equipos para poder operar y brindar el servicio de HD Radio.

#### 1.8.7.1 Generador de audio

Esta etapa la componen la computadora, consola de audio y software necesarios para acondicionar la señal de audio del programa principal y datos asociados a la programación o la estación. Si se desea generar programación de audio y datos secundaria se debe poner en funcionamiento otro computador para administrar la información secundaria.

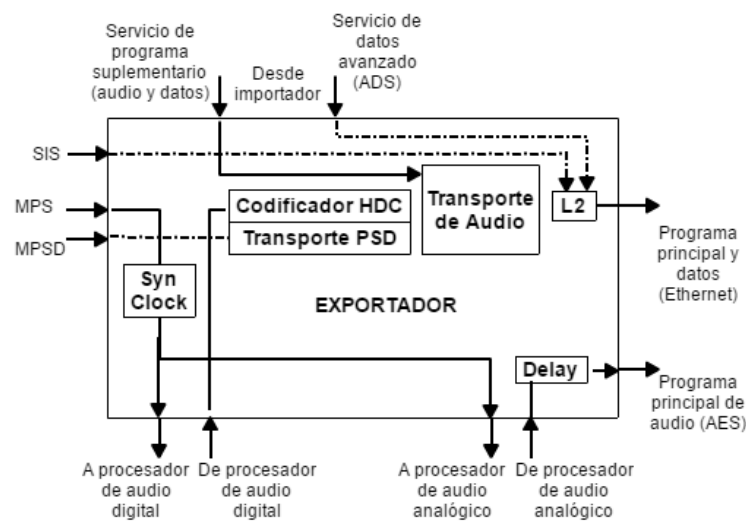
La tarjeta a adquirir debe contar con una frecuencia de muestreo de al menos 44,1 kHz la cual requiere el estándar, se puede considerar adquirir una tarjeta con interfaz externa o interna de acuerdo a las necesidades y espacio en la computadora. Finalmente para la transmisión digital también es necesario generar y organizar PAD (Datos Asociados del Programa) a través de un software y extraer datos SIS y ADS mediante otro programa.

### 1.8.7.2 Importador

Este dispositivo es necesario solo si se desea insertar servicios de programa suplementarios o datos adicionales, al igual que el exportador y el exgine el importador es parte de la topología Ibiqurity para transmitir HD Radio que es fabricada bajo licenciamiento, su función es multiplexar los servicios antes mencionados y enviarlos hacia el exportador.

### 1.8.7.3 Exportador

Es el encargado de realizar las funciones de capa 2 y 3 de IBOC, multiplexando los datos provenientes del importador, generador de audio principal, procesadores de audio digital-analógico y codificando el audio proveniente del procesador digital como se observa en la figura 36-1, el exportador debe contar con puertos AES y puertos Ethernet para comunicarse con el resto de equipos involucrados en la primera etapa de transmisión. Además es el encargado de retrasar el programa de audio analógico para que las señales analógicas y de radio HD sean sincóronas en los receptores de los oyentes.



**Figura 36-1** Elementos del exportador.

Realizado por: Pacheco David, 2017



#### 1.8.7.4 Procesador de audio

El equipo procesador de audio procesa la señal del programa principal (MPS) proveniente del generador de audio y la señal resultante es enviada al exportador a través de conexiones AES. Para la transmisión híbrida es necesario un procesador de audio analógico y digital, siendo necesario que cuente con la frecuencia de muestreo de 44,1kHz.

#### 1.8.7.5 Enlace estudio transmisor (STL)

El enlace STL es importante ya que en esta etapa puede haber una significativa pérdida de paquetes por lo que es necesario determinar la mejor forma de realizar dicho enlace. Al usar el protocolo TCP se obtiene mayor sobrecarga y mayor confiabilidad lo que resulta más robusta que UDP, en estos enlaces, el tráfico total es calculado con la suma de los anchos de banda de los LC y otros tráficos considerados en el enlace.

Una de las opciones para la implementación de un sistema STL, es el uso de las bandas ISM de 2,4 o 5,8GHz a tasas teniendo la opción de elegir alguna de las combinaciones de audio y datos posibles en este sistema, haciendo posible la adición de datos y audio en un sistema apoyando a IBOC.

**Tabla 13-1** Carga útil en un STL

<b>Audio</b>	<b>Datos</b>	<b>Canales de Audio Adicional</b>
Audio estéreo sin comprimir a 44,1 ks/s	512 kbps	X
Audio estéreo sin comprimir a 32,1 ks/s	896 kbps	X
Audio estéreo sin comprimir a 44,1 ks/s	256kbps	Dos canales comprimidos a 256 kbps
Nota: Otras combinaciones de audio del programa, los canales de voz y datos son posibles hasta el ancho de banda total.		

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** (Gould, 2015)

#### 1.8.7.6 Excitador

Es una parte esencial en el proceso de transmisión ya que es el encargado de generar la señal modulada FM de baja potencia, con la llegada de la segunda generación de dispositivos transmisores es posible transmitir HD Radio. Para la configuración que se pretende, el exportador e importador de datos se coloca en los estudios, y se usa un radioenlace sin compresión unidireccional conectado a un solo excitador, un solo transmisor y una sola antena.

Esta solución sencilla permite la transmisión de FM analógico y HD Radio simultáneamente. Nada más se agrega la tarjeta opcional Exgine al excitador para permitir la transmisión en este modo. (Broadcast Electronics, Inc.)

Por lo general los transmisores para llevar a cabo la radiodifusión digital contienen instalado el bloque exgine que es precisamente el que realiza la multiplexación por división de frecuencias ortogonales necesaria para la parte digital de la forma de onda IBOC FM híbrida.

#### *1.8.7.7 Amplificador de potencia*

Al igual que en los demás sistemas de radiodifusión terrestre, este equipo amplifica la señal proveniente del excitador a los niveles de potencia requeridos para su transmisión, dependerá del sistema IBOC a escoger que tipo de amplificación es la más adecuada.

#### *1.8.8 Receptores y costos adicionales*

El estándar NRSC-5C es un estándar de transmisión por lo tanto existen pocos criterios para la norma en receptores, pero los fabricantes de receptores deben ser aprobados y obtener una certificación Ibiqity asegurando que el producto que cuente con el nombre de HD Radio cumpla con un estándar mínimo de rendimiento.

Para los receptores, Ibiqity desarrolla chips y softwares diseñados para demodular las señales analógicas y digitales, aunque cada fabricante está en libre albedrío de desarrollar su propio código y diseño de chips para recibir señales IBOC.

Las pruebas de campo realizadas por NPR Labs para evaluar las señales IBOC FM para una cobertura digital se encuentran entre los 60 dB con respecto a un micro voltaje por metro, tomando en cuenta que la cobertura digital no discrimina el servicio de programa principal o suplementario. Además se empleó umbrales del 90% de disponibilidad en analistas de cobertura de 27 estaciones en EEUU. (Maxson, 2007 pág. 51)

Otros estudios corroboran estas mediciones, como las muestras tomadas con un medidor de intensidad de campo calibrado (Potomac Instruments FIM-41) en Pensilvania, las cuales arrojaron resultados que aseguran que la intensidad de campo necesaria para la recepción óptima del servicio IBOC FM en modo híbrido es aproximadamente de 0,5 y 0,7mV/m, (Ray, 2012 pág. 171).

**Tabla 14-1** Receptores HD Radio en el mercado.

Radio Receptor	Características
<p>Kenwood Excelon DDX492</p> 	<p>Radio receptor de automóvil, cuenta con una pantalla de 6,2 pulgadas, entradas de DC, DVD y USB. Capaz de sintonizar señales HD Radio así como las convencionales AM y FM.</p> <p>Su precio a través de plataformas de venta virtuales es de \$ 198,95.</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.ebay.com/itm/KENWOOD-EXCELON-DDX492-CAR-6-2-034-DISPLAY-CD-DVD-USB-HD-RADIO-BLUETOOTH-RECEIVER-/172196509123?_ul=CL">http://www.ebay.com/itm/KENWOOD-EXCELON-DDX492-CAR-6-2-034-DISPLAY-CD-DVD-USB-HD-RADIO-BLUETOOTH-RECEIVER-/172196509123?_ul=CL</a></p>
<p>Insignia NS-BHDIP01</p> 	<p>El texto de la música de la radio HD se reproduce mediante su pantalla LCD. Cuenta además con una montura para conexión de iPod o iPhone.</p> <p>Tiene un precio estimado de 249,99.</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="https://hdradio.com/mexico/productos">https://hdradio.com/mexico/productos</a></p>
<p>RADIO SPARC AM / FM PORTÁTIL</p> 	<p>Recibe señales HD Radio, ofreciendo multicasting, información del programa y sonido digital de alta calidad.</p> <p>Soporta varios idiomas como inglés, español y portugués.</p> <p>Precio aproximado de \$ 79,95</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="https://hdradio.com/get-a-radio/portable/sparc-am/fm-portable-radio">https://hdradio.com/get-a-radio/portable/sparc-am/fm-portable-radio</a></p>

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

Los receptores HD Radio están disponibles en un grupo selecto de vehículos de marcas como Toyota, Fiat, Mitsubishi, Jeep, Mercedes-Benz, Chevrolet, Audi, Mazda, Ford entre otros.

La inversión que la estación debe hacer para obtener una licencia de operación se determinará mediante la página oficial de HD Radio en “HD Radio Product Licensing”, donde se puede solicitar información sobre licencias internacionales (Detweiler, 2014)

En Estados Unidos el costo aproximado de la licencia por medio de la cual permite la transmisión híbrida es de \$5000 a \$10.000, precio que varía para estaciones públicas, privadas y comunitarias. Si se desea adicionar canales para la transmisión los costos se encuentran incluidos al adquirir equipos como importador y exportador.

## **1.9 Predicción de Cobertura**

Al cambiar al sistema HD Radio en modo híbrido este debe contar con una cobertura muy similar a la actual, es necesario analizar características geográficas y radioeléctricas que nos permitan conocer la intensidad de campo en diferentes puntos del área de servicio estimada. Para ello el análisis se basa en la recomendación UIT-R P. 1546-4 “Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 300 MHz”.

El método se basa en la interpolación o extrapolación de curvas de intensidad de campo deducidas empíricamente en función de la distancia, altura de la antena, frecuencia y porcentaje de tiempo. Este procedimiento también incluye correcciones de los resultados los cuales manifiestan el despeamiento del terreno y obstáculos.

Para aplicar esta recomendación se debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Servicios punto a zona.
- Frecuencias de 30 a 3000 MHz.
- Enlaces radioeléctricos troposféricos sobre trayectos terrestres de 1 a 1000 km.
- Altura de antena de transmisión menor a 3000m.

### ***1.9.1 Curvas de propagación***

Para el presente estudio se utilizará las curvas de la figura 37-1 que corresponden a distintas alturas efectivas desde el transmisor hacia el receptor a partir de valores de intensidad de campo a frecuencias de 100 MHz, en un trayecto terrestre, con una potencia radiada aparente (PRA) de 1kW y en condiciones del 50% del tiempo, es decir se asegura los niveles de campo en un 50% del tiempo. Si la emisora tiene una PRA distinta de 1kW, se debe hacer una corrección de campos.

Para aplicar la recomendación se debe tener en cuenta lo siguiente:

Calcular las alturas efectivas en los 12 radiales trazados desde el norte geográfico (0 grados) cada 30 grados en sentido de las manecillas del reloj, considerando como origen el sistema radiante o transmisor de la estación de radio. La altura efectiva es la altura sobre el nivel medio del terreno para distancias de 3 a 15 km en dirección a la antena receptora.

$$h_{eff}(m) = h_a + h_t - h_{prom}$$

Donde:

- $h_{eff}$ : altura efectiva en cada radial
- $h_a$ : altura de la antena
- $h_t$ : altura de la estación transmisora snm
- $h_{prom}$ : altura promedio de cada radial

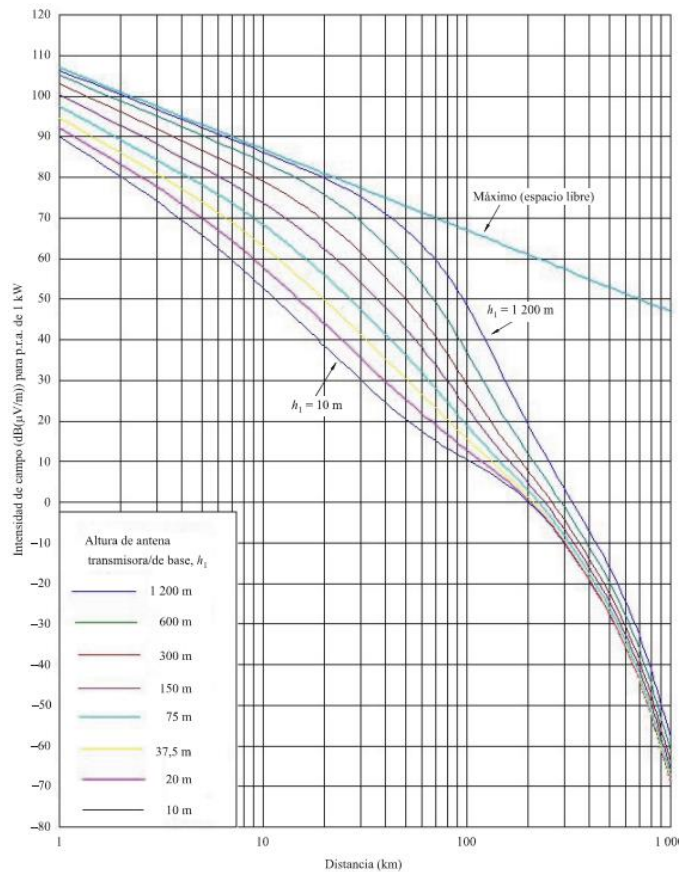
Para determinar la altura de la antena transmisora/base  $h_1$  usada en el cálculo depende de la longitud del trayecto y los datos anteriormente mencionados.

Trayectos inferiores a 15 km

$$h_1 = h_a \quad \text{cuando } d \leq 3 \text{ km}$$

$$h_1 = h_a + (h_{eff} - h_a)(d - 3)/12 \quad \text{cuando } 3 \text{ km} < d < 15 \text{ km}$$

Para trayectos superiores a 15 km se considera que  $h_1 = h_{eff}$



**Figura 37-1** Curva intensidad de campo en función de la distancia.

**Fuente:** [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf)

Si  $h_1$  coincide con una de las alturas predeterminadas en la figura 37-1 la intensidad de campo se puede obtener directamente con las curvas trazadas, caso contrario la intensidad de campo requerida deberá interpolarse o extrapolarse a partir de las intensidades de campo obtenidos de la curva superior e inferior.

$$E_{h_1} \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \left( \frac{\log \left( \frac{h_1}{h_{inf}} \right)}{\log \left( \frac{h_{sup}}{h_{inf}} \right)} \right)$$

Donde:

- $h_{inf}$ : es la altura efectiva inferior más cercana tomando como referencia  $h_1$ .
- $h_{sup}$ : es la altura efectiva superior más cercana tomando como referencia  $h_1$ .
- $E_{inf}$ : es el campo eléctrico para  $h_{inf}$  a una distancia solicitada.
- $E_{sup}$ : es el campo eléctrico para  $h_{sup}$  a una distancia solicitada.

### 1.9.2 Valores negativos de la antena transmisora/base $h_1$ .

Cuando este caso llega a suceder quiere decir que existen pérdidas por difracción, el procedimiento para este caso consiste en obtener una intensidad de campo donde  $h_1=0$ , introduciendo un valor de corrección denominado  $C_{h_1}$ .

Para aplicar esta corrección primero se debe hallar el ángulo de despejamiento del terreno ( $\theta_{eff}$ ) para estimar la obstrucción a una distancia determinada. Este ángulo se calcula desde la antena transmisora hacia una traba irregular a cierta altura snm ( $h_r$ ) para distancias de entre 3 y 15 km. Posteriormente se reemplaza en las contiguas formulas.

$$\theta_{eff} = \tan^{-1} \left( \frac{h_r - (h_a + h_t)}{1000(d)} \right)$$

$$v = 0,065(\theta_{eff})\sqrt{f(MHz)}$$

$$v' = 0,036\sqrt{f(MHz)}$$

$$J(v)[dB] = 6,9 + 20 \log \left( \sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right)$$

$$C_{h_1}(dB) = J(v') - J(v)$$

### 1.9.3 Cálculo de intensidad de campo

Hasta este punto se ha hecho una corrección y obtenido una  $h_1=0$ . En este caso se puede hallar la intensidad de campo a una distancia  $d$  km para  $0 \leq h_1 \leq 10$  m según especifica la norma UIT-R 1546. A continuación se muestran las fórmulas necesarias para realizar este procedimiento y finalmente obtener la intensidad de campo.

$$E_{\text{corregido}} \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) = E_{\text{zero}} + 0,1(-10)(E_{10} - E_{\text{zero}})$$

$$E_{\text{zero}} \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) = E_{10} + 0,5(C_{1020} - C_{h1})$$

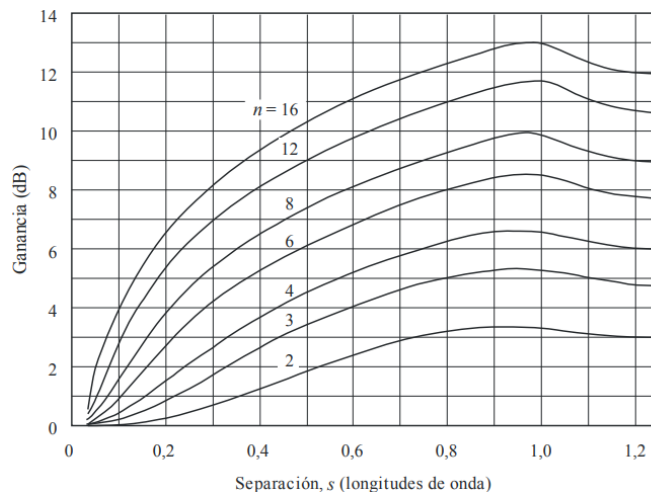
$$C_{1020}(dB) = E_{10} - E_{20}$$

$E_{10}$  y  $E_{20}$  son intensidades de campo que se calculan con la figura 37-1 a la distancia requerida para  $h_1 = 10$  m y  $h_1 = 20$  m respectivamente. La recomendación UIT-R 1546 manifiesta que las correcciones  $C_{1020}$  y  $C_{h1}$  deben traducirse en cantidades negativas.

### 1.9.4 Arreglo de antenas

Para la banda de ondas métricas, en especial para sistemas de antenas omnidireccionales destinadas a radiodifusión sonora se usa antenas colineales omnidireccionales, es decir antenas construidas con varios dipolos separados cierta distancia en una línea.

De acuerdo a la recomendación UIT-R BS.1195-1 la ganancia total depende del número de elementos y su separación como se observa en la figura 38-1.



**Figura 38-1** Ganancia de una red colineal.

Fuente: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1195-1-201301-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1195-1-201301-I!!PDF-S.pdf)

### 1.9.5 Parámetros de recepción

La intensidad de campo eléctrico mínima, medida a 10 metros sobre el nivel del suelo que se requiere para tener un servicio de radio analógico satisfactorio en presencia de interferencias causadas por electrodomésticos y equipos de industria según la norma técnica de radiodifusión en frecuencia modulada analógica en Ecuador, especifica los siguientes niveles de campo eléctrico en recepción.

**Tabla 15-1** Niveles de campo eléctrico en recepción FM.

Zonas	Servicios	
	Monofónico dB(uV/m)	Estereofónico dB(uV/m)
Estaciones de potencia normal y locales	$\geq 48$	$\geq 54$
En el borde del área de cobertura secundaria	$\geq 30$ y $< 48$	$\geq 50$ y $< 54$

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf>



## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Situación actual de la estación de radio “Majestad 88.9 FM”

##### 2.1.1 *Antecedentes de la Emisora Radio Majestad*

La estación de radiodifusión sonora denominada “Majestad FM”, matriz de la ciudad de Santo Domingo (frecuencia 88.9 FM) y de sus repetidoras que sirven a Ambato, Pujilí, Salcedo, Santiago de Píllaro, Patate, San Pedro de Pelileo, Cevallos, Quero, Tisaleo, Mocha (frecuencia 104.1 FM) y a las ciudades de Quevedo y Las Naves (frecuencia 107.5 FM).

La radio Majestad FM, es una emisora con 18 años de vida cuya programación se escucha en toda la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, además es una radio “multitarget”, es decir tiene audiencia en los diferentes estratos sociales y edades, con especial énfasis en oyentes de entre 18 y 40 años.

##### 2.1.2 *Aspectos Políticos*

Según el Art.6 de la Ley de Comunicación, Majestad FM es “un medio de comunicación social de carácter nacional, al cubrir al menos el 30% de la población del país o contar con una matriz y un mínimo de 6 repetidoras cuya cobertura alcance poblaciones de dos o más regiones del Ecuador. Adicionalmente, Majestad FM tiene audiencia en el resto del país y en el exterior al generar una señal online mediante el siguiente enlace: <http://www.radiomajestad.com/santodomingo/>.

El estudio se realizará en la ciudad de Santo Domingo donde se encuentra la matriz de Majestad FM y brinda sus servicios a través de la frecuencia 88.9Mhz.

##### 2.1.3 *Datos Generales*

El funcionamiento técnico de esta emisora radial se ha realizado de acuerdo a las especificaciones técnicas emitidas por el ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones), ver Tabla 16-2

**Tabla 16-2** Datos Generales de Majestad FM

<b>PARAMETROS</b>	<b>AUTORIZADO</b>
Provincia	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS
Categoría	FRECUENCIA MODULADA
Concesionario	LASTENIA AGUIRRE S.A.
Representante Legal	PALOMEQUE COVEÑA HENRRY GUSTAVO
Nombre Estación	MAJESTAD
Frecuencia	88,9 MHz
Tipo	M
Área Servida	STO. DOMINGO DE LOS COLORADOS
Ancho De Banda	220 kHz
Indicativo	HCTL1
Enlace	RADIOELECTRICO
Frecuencia Enlace auxiliar	5GHz
Ciudad Estudio	SANTO DOMINGO
Clase	COMERCIAL PRIVADA
P.E.R.	2500 W
Cobertura	SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS,PEDRO VICENTE MALDONADO,EL CARMEN,LA CONCORDIA, QUININDÉ

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** <http://www.arcotel.gob.ec/resoluciones/>

#### **2.1.4 Recursos físicos de la radio y operación analógica**

##### **2.1.4.1 Estudio master**

El estudio de la radio Majestad se encuentra ubicado en el centro de la ciudad de Santo Domingo entre las calles Guayaquil y Río Mulaute, lugar donde es generada la programación radial que se transmite a la ciudad y sus alrededores.

En el estudio de radiodifusión se encuentran todos los componentes de baja frecuencia necesarios para acondicionar y mezclar las señales de sonido antes de ser enviadas a los equipos de alta frecuencia para su transmisión en el espectro radioeléctrico.

En la figura 39-2 se muestra el estudio de la emisora Majestad FM, la que cuenta con una consola o mezclador, que combina varias fuentes sonoras (desde micrófono, computadora, etc.) para ofrecer una señal única, dos computadoras equipadas con softwares de automatización radial, micrófonos, altavoces, monitores y parlantes. El equipo QOR 16 es el motor de consola integrado y también forma parte en el estudio, este componente es un motor de mezcla basado en DSP con E / S incorporadas, El estudio cuenta también con un aislamiento acústico para evitar que ecos y ruidos externos degraden la calidad de audio.



**Figura 39-2** Sala de controles y locutorio de Radio Majestad

Realizado por: Pacheco David, 2017

#### 2.1.4.2 Transmisor (STL)

Una manera fácil y segura de enviar audio de alta calidad, ideal para un enlace estudio transmisor (STL, Studio Transmitter Link) es a través del codificador Telos Z/ IP ONE que es un códec IP 1 RU de montaje en rack para la difusión a distancia. Es una unidad rack de un solo espacio, perfecto para los estudios. <https://www.telosalliance.com/Telos/ZIP-ONE>



**Figura 40-2** Codec Telos Z/IP ONE

Realizado por: Pacheco David, 2017

El equipo proporciona audio confiable a pesar de las condiciones variables de las redes y no requiere la intervención del usuario. El Z/IP dinámicamente se adapta a la red, minimizando los efectos de los paquetes perdidos y el jitter. Se conecta al RocketM5 mediante la interfaz de red 1X10/100 BASE-TX.

#### 2.1.4.3 Antenas (STL)

Rocket M5 con antenas 2x2 MIMO 5 GHz de Ubiquiti. El Rocket M5 es un access point de alta potencia de Ubiquiti, es un sistema robusto, muy potente y estable, con radios 2x2 MiMo con mejoras en la recepción. Este modelo es de 5GHz, trabaja de 5470-5825 MHz, dos conectores RPSMA y 27 dBm de potencia.

Alcanza un rendimiento de hasta 150 Mbps y un alcance de hasta 50 Km. El equipo está específicamente diseñado para realizar enlaces en exterior punto a punto y trabajar como estación base AirMax punto multipunto.



**Figura 41-2** Antena y Rocket M5 ubicada a 12 m de altura en terraza.

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

La antena utilizada es RD-5G30 posee una ganancia de 30dBi a una frecuencia de 5GHz, esta antena cuenta con 2 conectores RPSMA hembras para conectarse a un Rocket y tiene un haz de señal de 5 grados verticales y 5 grados horizontales para una distancia inigualable de hasta 50 kilómetros. Ver Anexo A.

#### 2.1.4.4 Receptor (STL)

Es un equipo de las mismas características del transmisor en el estudio figura 41-2, en esta etapa el códec es utilizado para recibir la programación y decodificarla resultando la señal original. Se conecta al procesador de audio mediante una conexión Ethernet.

#### 2.1.4.5 Procesador



**Figura 42-2** Procesador Omnia 11 y códec ZIP/ONE.

Realizado por: Pacheco David, 2017

El modelo utilizado es el Omnia 11 versión 3.0.2 de la empresa Telos, posee un apantalla táctil donde es fácil manipular diferentes parámetros, además la gran ventaja con la que cuenta este equipos es que el modelo se puede actualizar a FM/HD en una fecha posterior.

Actualmente se encuentra funcionando con una frecuencia de muestreo de 48kHz y un nivel de salida análogo de 4dBu, su salida es por el conector BNC. Ofrece una solución integrada para el tratamiento de audio entregando una señal robusta.

#### 2.1.4.6 Transmisor RF

El transmisor que usa la estación es el Elenos ETG este equipo posee un potencia nominal de salida de 3500 W ajustable y opera en las bandas de 87,5-108MHz, se encuentra conectado al procesador de audio mediante su conector MPX BNC y a la antena por medio del conector de salida de RF 7/8.

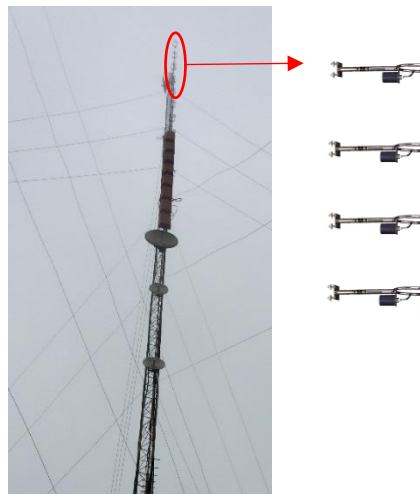


**Figura 43-2** Transmisor Elenos ETG.

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

#### 2.1.4.7 Antena

La antena utilizada es de tipo anillo dipolo de marca OMB GP4 ubicada a 30m, puede operar en las frecuencias de 87,5 a 108 MHz, de polarización circular ideal para ambientes extremos ya que es fabricada con acero inoxidable. Las antenas se encuentran separadas  $3/4 \lambda$  y dependiendo el número de antenas en el arreglo depende su ganancia, este caso el arreglo está compuesto de 4 bancos de antena, 4 cables de 7/8", 1 divisor de potencia modelo DIV-78-478 con entrada EIA 7/8". Posee una ganancia de 6 dBd. En el anexo A se detallan sus características.

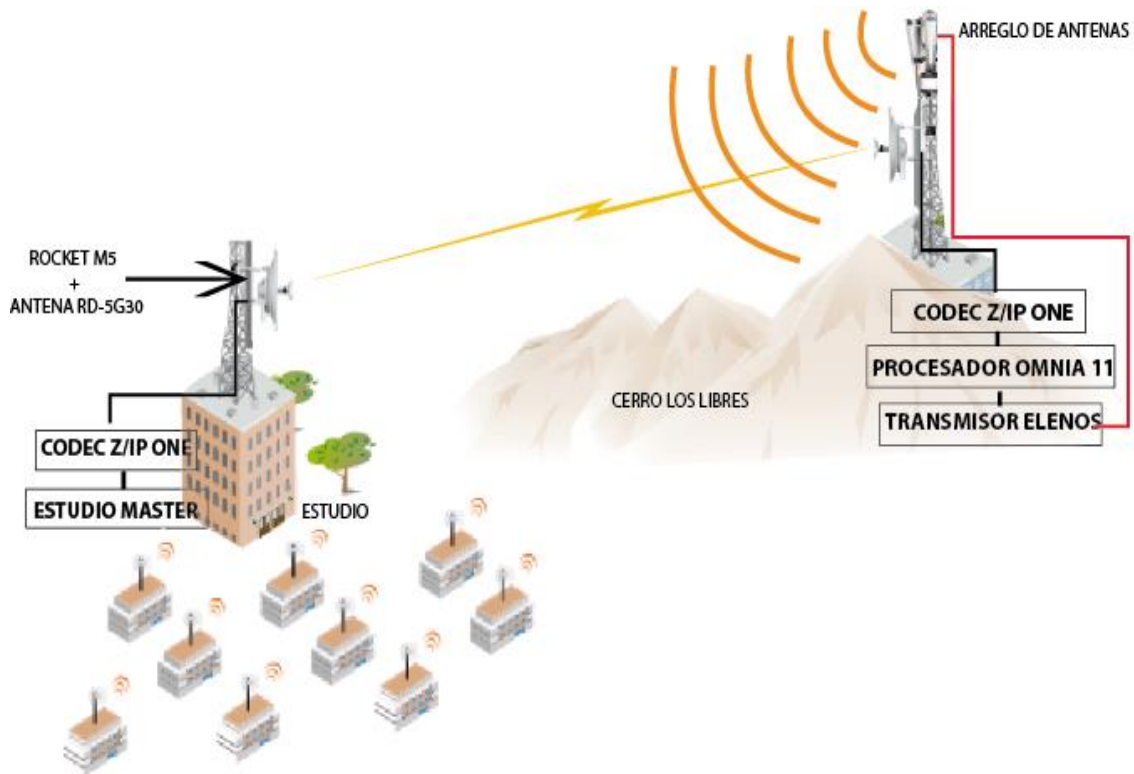


**Figura 44-2** Arreglo de antenas para transmisión FM.

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

Las pérdida total es de aproximadamente 4,06 dB tomando en cuenta que la pérdida de cable en [dB/100m] es de 1,06dB, 0,25 dB en cada conector (2 conectores) y perdidas por inserción en el divisor de potencia de 2,5 dB Ver anexo A.

### 2.1.5 Descripción de enlaces efectuados para la transmisión



**Figura 45-2** Estructura de estación Radio Majestad FM 88.9 para la ciudad de Santo Domingo

Realizado por: Pacheco David, 2017

#### 2.1.5.1 Enlace auxiliar

En años anteriores, la emisora utilizó un enlace radioeléctrico a una frecuencia de 231,5 MHz para lograr la conexión de audio del estudio al transmisor en el cerro, sin embargo se consideró en la estación que sería mejor usar un sistema de radio que funcione en las bandas ISM para enviar el audio a el cerro ubicado a 20,21 Km de distancia.

A continuación se calculan las pérdidas producidas al enviar la onda de radio en el espacio libre.

$$FSL[dB] = 32,4 + 20 \log(d[km.]) + 20\log(f[MHz])$$

$$FSL = 32,4 + 20 \log(20,21) + 20 \log(5835) = 133,83 \text{ dB}$$

Como se mencionó anteriormente el enlace para la transmisión de audio del estudio hacia el cerro para su posterior transmisión se realizó mediante la instalación de un códec Telos Z/IP One en ambos extremos y las antenas mimo con su rocket respectivo.

Para estimar la potencia de la señal recibida en el receptor se procede a hacer el cálculo para presupuestar el enlace con datos proporcionados por la estación de radio y tomados del Anexo A.

- Potencia del Transmisor ( $T_X$ ) = 27 dBm
- Pérdidas en cable y conectores ( $L_{C_{TX}}$ ) = 0,5 dB
- Ganancia Antena  $T_X$  ( $G_{TX}$ ) = 30 dBi
- Perdidas de trayectoria en el espacio libre (FSL)= 133,83 dB
- Ganancia Antena  $R_X$  ( $G_{RX}$ ) = 30 dBi
- Pérdidas en cable y conectores ( $L_{C_{RX}}$ ) = 0,5 dB

$$R_X[dBm] = T_X[dBm] - L_{C_{TX}}[dB] + G_{TX}[dBi] - FSL[dB] + G_{RX}[dBi] - L_{C_{RX}}[dB]$$

$$R_X[dBm] = 27 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 133,83 \text{ dB} + 30\text{dBi} - 0,5\text{dB}$$

$$R_X[dBm] = -47,83 \text{ dBm}$$

Por lo tanto la potencia efectiva radiada (PER) es:

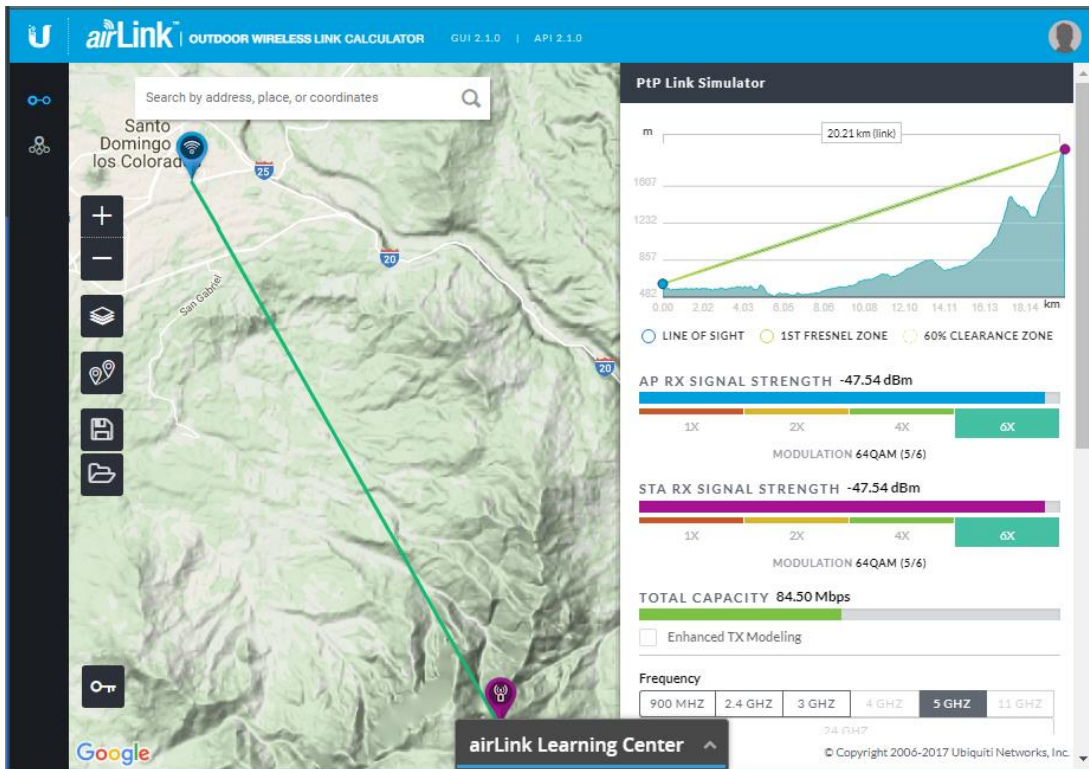
$$PIR[dBm] = T_X[dBm] - L_{C_{TX}}[dB] + G_{TX}[dBi]$$

$$PIRE = 27 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} = 56,5 \text{ dBm}$$

Para la simulación de este enlace de datos se utilizó la herramienta online airlink desarrollada por Ubiquiti, este software utiliza modelos digitales de elevación del terreno para permitir calcular la viabilidad de un enlace, ya que provee información como distancia del enlace, zona de Fresnel, intensidad de señal y rendimiento. Esta herramienta considera también efectos del terreno, clima, absorción por vegetación y estima las pérdidas generadas por edificios en zonas urbanas para hacer el cálculo de pérdidas en el enlace.

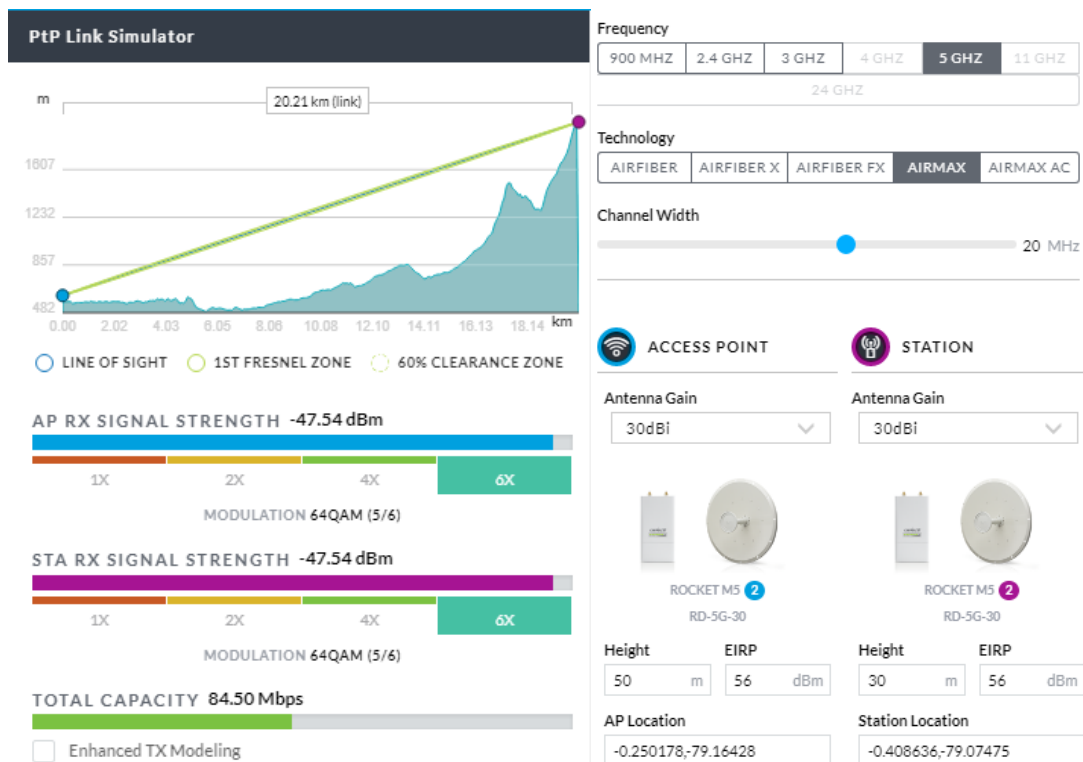
La línea de ruta en el mapa de la figura 46-2 es de color verde lo que significa que la conexión esta echa de forma eficiente, tanto para la línea de visión y la zona de Fresnel de su enlace.





**Figura 46-2** Enlace Estación-Cerro los Libres

Realizado por: Pacheco David, 2017



**Figura 47-2** Especificaciones del enlace

Realizado por: Pacheco David, 2017

### 2.1.5.2 Enlace radial FM

**Tabla 17-2** Datos técnicos Radiodifusión sonora a Santo Domingo y alrededores

<b>DATOS GENERALES</b>	
Nombre de la estación	Majestad FM
Ciudad	Santo Domingo
Provincia	Santo Domingo de los Tsáchilas
<b>Ubicación (Latitud, Longitud) y Altura (m)</b>	
Estación matriz	0°15'0.64"S 79° 9'51.45"O 563m
Cerro Los Libres	0°24'31.09"S 79° 4'29.12"O 1944m
<b>Características técnicas de transmisión</b>	
Modo de operación	Simplex
Área de cobertura:	Santo Domingo y alrededores, para una intensidad de campo eléctrico de 500 uV/m
Frecuencia de operación	88.9 MHz
Potencia de transmisión (PER):	2500 W
Tipo de emisión	220KF8EHN
Antenas	Arreglo de 4 antenas OMB anillo
Ganancia	6 dBd
Polarización	Circular
Azimut de máxima radiación:	Omnidireccional ( 300 azimut)
Tipo y altura de la torre:	Autosoportada de 30 m.

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** <http://www.arcotel.gob.ec/resoluciones/>

**Tabla 18-2** Notación tipo de emisión de radiofrecuencia

220K	Ancho de banda para la emisión: 220 kHz
F	Tipo de Modulación de la portadora principal: Frecuencia
8	Naturaleza de la señal que modula la portadora principal
E	Tipo de información a transmitir: audio
H	Calidad de Señal: Sonido calidad Radiodifusión estéreo
N	Naturaleza de multiplexación: Ninguna

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

### 2.1.6 Análisis de Actual de Cobertura

Para comenzar se realiza el cálculo del perfil topográfico en cada azimut (0° hasta 330°) en saltos de 30°, partiendo del transmisor ubicado en el cerro los libres a una distancia de 60 km como se observa en la tabla 19-2.

**Tabla 19-2** Alturas en azimut cada 30°.

	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>
1	1717	1696	1601	1669	1877	1899	1875	1862	1840	1789	1554	1565
2	1414	1350	1389	1415	1571	1958	1932	1896	1850	1787	1814	1357
3	1239	1302	1206	1272	1468	2051	2016	1952	1804	1753	1315	1401
4	1257	1411	1165	1331	1473	2085	2067	2021	1700	1352	1189	979
5	1124	1289	1126	1523	1523	2189	2076	2058	1637	1265	945	818
6	1213	1163	1180	1754	1868	2015	2192	2132	1659	1131	769	752
7	1239	1050	1242	1888	2212	2253	2087	1959	1455	975	696	835
8	1108	985	1163	1739	2342	2356	1974	1775	1103	835	684	756
9	1134	923	1166	1552	2136	2500	1654	1542	1009	850	631	695
10	1048	851	1155	1757	1912	2421	1727	1692	881	768	599	650
11	990	858	1051	1645	1792	2263	1720	1531	835	792	547	582
12	912	793	1127	1716	1785	2177	1979	1434	797	728	608	551
13	809	914	1350	1606	1489	1988	2091	1300	779	594	485	507
14	719	925	1444	1518	1498	2148	1853	1177	796	545	462	492
15	609	984	1322	1339	1806	2317	1490	1257	632	620	452	496
16	719	1041	1111	1101	1832	2444	970	1173	556	663	444	576
17	751	1093	928	1178	1533	2295	1414	992	533	486	396	553
18	730	1178	1169	1325	1509	2261	1261	833	537	384	429	554
19	717	1324	1175	1458	1504	2238	1536	789	503	412	429	563
20	707	1297	1028	1278	1955	2553	1862	694	486	374	430	556
30	565	799	1832	1457	2540	2868	1370	363	375	287	340	440
40	611	1066	1847	2595	3212	2965	1685	264	177	209	265	353
50	615	1409	2562	3517	3928	3510	1675	212	144	164	234	325
60	525	1455	3495	2683	3311	3871	2116	115	108	170	197	204
90	603	1570	2326	4191	3803	3488	2119	73	138	178	340	128

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

**Tabla 20-2** Alturas promedio y alturas efectivas.

<b>Azimut</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>
hpr(3-15km)	1031,2	1035,0	1207,9	1588,2	1793,1	2213,1	1917,7	1679,7	1161,0	939,6	722,1	732,3
heff(m)	940,4	936,6	763,7	383,4	178,5	-241,5	53,9	291,9	810,6	1032,0	1249,5	1239,3

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Por ejemplo en el azimut 0° la altura de la antena (ha) 30m, la altura snm del cerro donde está colocada la antena (htx) a 1942m y la altura promedio de 3-15km (hpr) 1031,2m.

Aplicando la ecuación:

$$h_{eff}(m) = h_a + h_t - h_{prom}$$

$$h_{eff} = 30 + 1941,6 - 1031,2 = 940,4 m$$

### 2.1.6.1 Determinación de altura de antena transmisora/de base h1.

**Tabla 21-2** Cálculo altura h1.

<b>h1</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>
<b>1</b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>2</b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>3</b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>4</b>	105,9	105,6	91,1	59,5	42,4	-7,4	32	51,8	95,1	113,5	131,6	130,8
<b>5</b>	181,7	181,1	152,3	88,9	54,7	-15,3	34	73,6	160,1	197	233,3	231,6
<b>6</b>	257,6	256,7	213,4	118,4	67,1	-37,9	36	95,5	225,2	280,5	334,9	332,3
<b>7</b>	333,5	332,2	274,6	147,8	79,5	-60,5	38	117,3	290,2	364	436,5	433,1
<b>8</b>	409,3	407,8	335,7	177,3	91,9	-83,1	40	139,1	355,3	447,5	538,1	533,9
<b>9</b>	485,2	483,3	396,9	206,7	104,2	-105,8	42	160,9	420,3	531	639,8	634,7
<b>10</b>	561,1	558,9	458	236,2	116,6	-128,4	44	182,8	485,4	614,5	741,4	735,4
<b>11</b>	636,9	634,4	519,1	265,6	129,0	-151	45,9	204,6	550,4	698	843	836,2
<b>12</b>	712,8	710	580,3	295,1	141,3	-173,6	47,9	226,4	615,5	781,5	944,6	937
<b>13</b>	788,7	785,5	641,4	324,5	153,7	-196,3	49,9	248,2	680,5	865	1046,3	1037,8
<b>14</b>	864,5	861,1	702,6	354,0	166,1	-218,9	51,9	270,1	745,6	948,5	1147,9	1138,5
<b>15a90</b>	940,4	936,6	763,7	383,4	178,5	-241,5	53,9	291,9	810,6	1032	1249,5	1239,3

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Para el trayecto de 1 a 3 km la altura  $h_1=h_a=30m$

Para trayectos de  $3km < d < 15km$ ,  $h_1$  dependerá de cada una de las distancias por ejemplo para a una distancia de 10km a  $0^\circ$  aplicamos la siguiente ecuación.

$$h_1 = h_a + (h_{eff} - h_a)(d - 3)/12$$

$$h_1 = 30 + (940,4 - 30)(10 - 3)/12 = 561,1m$$

Como se puede observar, los valores de  $h_1$  a partir del kilómetro 15 hasta el 60 no varía puesto que según a las fórmulas, para distancias superiores a 15 km se considera el valor de  $h_1=h_{eff}$ .

### 2.1.6.2 Corrección de $h_1$

La tabla 21-2 muestra que en azimut de  $150^\circ$  existen valores negativos de  $h_1$ , lo que nos indica que hay que tomar en cuenta el efecto de difracción provocada por obstáculos, sin embargo no es importante en este estudio ya que en este sector no existe potenciales consumidores.

El procedimiento para estos valores es tener una intensidad de campo para  $h_1 \geq 0$  y añadir una corrección para luego calcular E.



**Figura 48-2** Perfil topográfico hasta 18 km en azimut de 150°.

Realizado por: Pacheco David, 2017

Por ejemplo existe una obstrucción a 5 km con una altura de 2189,7m se halla el ángulo de despejamiento, que servirá para hallar parámetros necesarios para el cálculo de la corrección a la frecuencia requerida.

$$\theta_{eff} = \tan^{-1}\left(\frac{h_r - (h_a + h_t)}{1000(d)}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{2189,7 - 1971,6}{1000(5)}\right) = 2,5^\circ$$

$$v = 0,065(\theta_{eff})\sqrt{f(MHz)}$$

$$v = 0,065(2,5)\sqrt{88,9} = 1,53$$

$$v' = 0,036\sqrt{f(MHz)}$$

$$v' = 0,036\sqrt{88,9} = 0,339$$

$$J(v)[dB] = 6,9 + 20 \log\left(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1\right)$$

$$J(v) = 6,9 + 20 \log\left(\sqrt{(1,53 - 0,1)^2 + 1} + 1,53 - 0,1\right) = 16,93 \text{ dB}$$

$$J(v') = 6,9 + 20 \log\left(\sqrt{(0,339 - 0,1)^2 + 1} + 0,339 - 0,1\right) = 8,96 \text{ dB}$$

La corrección de intensidad de campo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$C_{h1}(dB) = J(v') - J(v)$$

$$C_{h1} = 8,96 - 16,93 = -7,97 \text{ dB}$$

Con este resultado y utilizando la figura 38-1 se obtiene:  $E_{10}=66$  y  $E_{20}=70$ , conseguidos a una distancia requerida para  $h_1 = 10$  m y  $h_1 = 20$  m, respectivamente, dado que ahora se considera un  $h_1 \geq 0$ .

$$C_{1020}(dB) = E_{10} - E_{20}$$

$$C_{1020} = 66 - 70 = -4 \left( \frac{dB\mu V}{m} \right)$$

$$E_{zero} \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) = E_{10} + 0,5(C_{1020} - C_{h1})$$

$$E_{zero} = 66 + 0,5(-4 - 7,97) = 60,01 \left( \frac{dB\mu V}{m} \right)$$

Donde la intensidad de campo a la distancia solicitada en este caso 5 km es  $E_c$ .

$$E_{correctado} \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) = E_{zero} + 0,1(-10)(E_{10} - E_{zero})$$

$$E_c = 60,01 + 0,1(-10)(66 - 60,01) = 54,02 \left( \frac{dB\mu V}{m} \right)$$

El resto de correcciones aplicadas a los valores negativos de  $h_1$  se encuentran en el Anexo B.

En los casos normales donde  $h_1$  toma valores positivos  $>10$ m es necesario interpolar la altura entre las curvas normalizadas ya que  $h_1$  no coincide con (10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 o 1200 m). Obteniendo altura superiores e inferiores y campos eléctricos superiores e inferiores se procede a calcular  $E_{h1}$ . Seguimos con el ejemplo para a una distancia de 10 km a  $0^\circ$ .

$$E_{h1} = 79 + (84 - 79) \left( \frac{\log\left(\frac{561,1}{300}\right)}{\log\left(\frac{600}{300}\right)} \right) = 83,52 \left( \frac{dB\mu V}{m} \right)$$

Como se puede observar en la tabla 20-2 para el caso de 300 y 330 es necesario realizar una extrapolación debido a que su altura superan los 1200m pero todavía se encuentra en el rango de la norma que no permite un  $h_1 > 3000$  m.

**Tabla 22-2** Valores E corregido

<b>E</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>
1	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3
2	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6
3	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9
4	83,0	83,0	81,4	79,3	78,4	59,03	76,0	78,9	82,4	83,4	84,2	84,2
5	83,4	83,1	82,1	79,0	77,2	54,02	74,2	77,9	82,4	83,6	84,5	84,5
6	83,9	84,3	82,5	79,0	75,2	58,30	70,8	77,4	82,9	84,5	85,6	85,6
7	78,6	82,9	83,4	78,9	74,4	48,63	70,1	76,9	82,8	84,1	85,2	85,1
8	83,2	83,2	81,8	78,7	72,8	43,27	68,3	75,5	82,2	83,9	85,2	85,2
9	83,5	83,4	82,0	77,3	72,4	39,67	65,8	75,5	82,4	84,1	85,2	85,2
10	83,5	78,5	82,1	77,3	71,5	37,78	64,4	75,4	83,2	85,0	85,3	84,6
11	83,2	82,2	82,2	77,8	71,1	42,48	63,8	75,2	83,3	84,4	84,5	84,4
12	82,0	81,7	81,8	77,8	71,7	43,86	62,1	75,3	82,1	83,1	84,0	83,9
13	82,2	82,2	81,2	77,5	70,2	40,47	61,7	74,5	82,0	83,1	83,6	83,6
14	82,6	81,0	80,5	76,4	70,7	41,14	61,3	74,5	81,6	82,3	82,9	82,8
15	81,9	81,3	80,7	76,8	71,0	36,32	60,1	74,2	81,3	82,3	82,5	82,5
16	80,9	80,3	80,0	75,5	70,0	34,79	59,1	72,8	80,6	81,6	82,1	82,1
17	80,3	80,3	79,0	74,5	69,0	41,65	57,6	71,7	79,5	80,3	82,0	82,0
18	79,6	79,9	78,9	73,5	68,3	36,15	57,1	70,8	78,7	80,1	81,0	81,0
19	79,3	79,2	78,7	72,8	66,5	35,72	60,4	69,7	78,7	79,9	79,7	79,7
20	78,9	78,9	78,0	72,1	64,0	30,90	54,2	69,2	77,7	79,1	80,0	80,0
30	72,9	75,1	71,7	64,2	56,5	18,72	45,2	60,8	73,0	81,7	77,0	77,0
40	67,5	68,1	66,4	58,1	50,5	15,89	39,6	56,6	66,0	69,3	72,0	72,0
50	63,8	64,8	62,1	53,2	44,0	19,48	34,2	49,7	62,9	66,0	69,0	69,0
60	58,5	60,8	56,1	48,2	40,0	8,33	29,6	46,6	56,9	60,0	64,0	64,0
90	47,8	47,7	44,2	35,5	27,8	8,9	20,1	32,7	45,2	49,4	54,0	53,0

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Debido a que la cobertura real alcanzada es con una PRA de  $2500W=29,48dBW=59,48dBkW$ , se realiza la corrección para calcular el campo eléctrico real.

$$E_{real} \left( \frac{dBuV}{m} \right) = E_{int} \left( \frac{dBuV}{m} \right) + 10 \log \left( \frac{PRA}{1kW} \right)$$

$$E_{real} \left( \frac{dBuV}{m} \right) = 83,52 \left( \frac{dBuV}{m} \right) + 10 \log \left( \frac{2500}{1kW} \right)$$

$$E_{real} = 87,5 \left( \frac{dBuV}{m} \right)$$

**Tabla 23-2** Valores E real

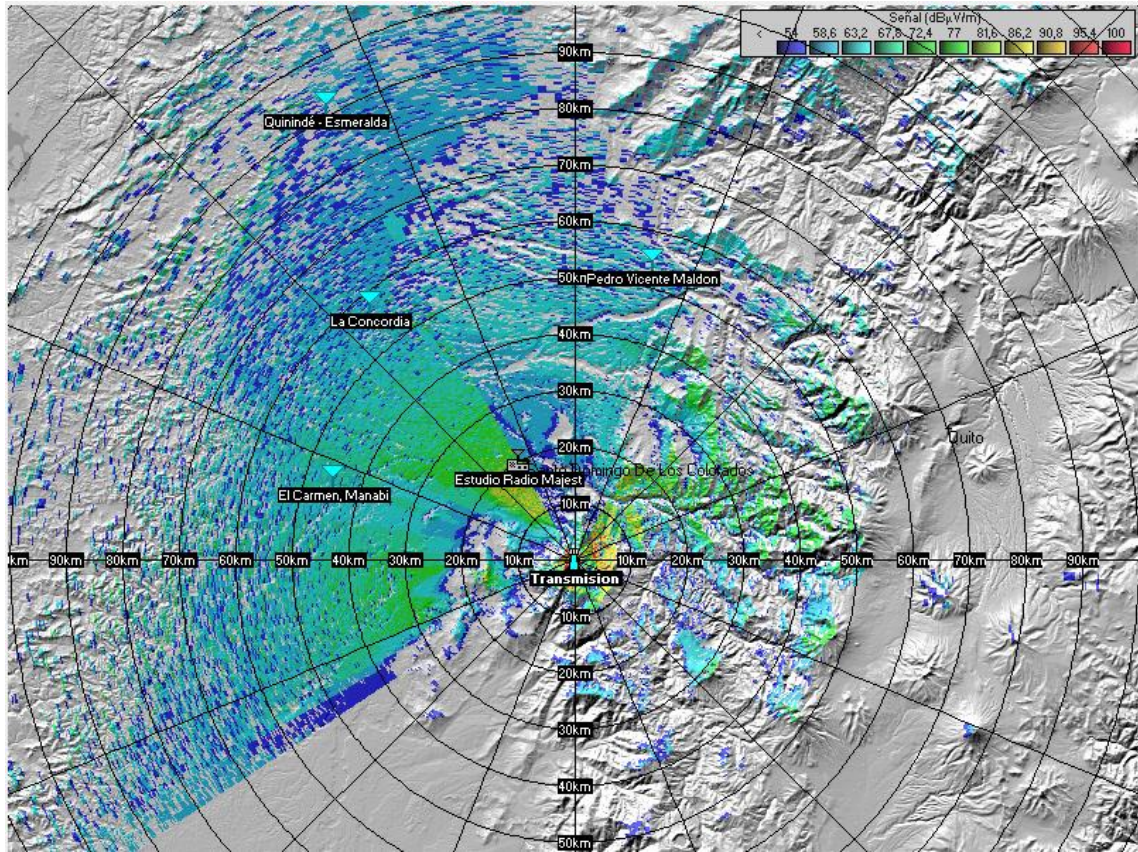
	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>
1	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3	97,3
2	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6
3	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9	83,9
4	87,0	87,0	85,4	83,3	82,3	63,0	80,0	82,8	86,3	87,4	88,2	88,2
5	87,4	87,1	86,1	83,0	81,2	58,0	78,2	81,9	86,4	87,6	88,5	88,5
6	87,9	88,3	86,5	83,0	79,2	62,3	74,8	81,4	86,9	88,5	89,6	89,6
7	82,6	86,9	87,3	82,9	78,4	52,6	74,1	80,9	86,8	88,1	89,1	89,1
8	87,2	87,2	85,8	82,7	76,7	47,2	72,3	79,4	86,2	87,9	89,2	89,1
9	87,4	87,4	86,0	81,3	76,4	43,7	69,8	79,5	86,4	88,1	89,2	89,1
10	87,5	82,5	86,0	81,3	75,5	41,8	68,4	79,4	87,1	89,0	89,3	88,6
11	87,2	86,2	86,1	81,8	75,1	46,5	67,7	79,2	87,2	88,4	88,5	88,4
12	86,0	85,7	85,8	81,8	75,6	47,8	66,1	79,2	86,1	87,1	87,9	87,9
13	86,2	86,1	85,2	81,4	74,2	44,5	65,6	78,5	85,9	87,0	87,6	87,6
14	86,6	85,0	84,4	80,4	74,7	45,1	65,3	78,5	85,6	86,3	86,9	86,8
15	85,9	85,3	84,7	80,7	75,0	40,3	64,1	78,2	85,3	86,3	86,5	86,5
16	84,9	84,3	84,0	79,5	74,0	38,8	63,1	76,7	84,6	85,5	86,1	86,1
17	84,3	84,3	83,0	78,5	73,0	45,6	61,6	75,7	83,5	84,3	86,0	86,0
18	83,6	83,9	82,8	77,5	72,2	40,1	61,1	74,7	82,7	84,1	85,0	85,0
19	83,3	83,2	82,7	76,8	70,5	39,7	64,4	73,7	82,7	83,9	83,7	83,7
20	82,9	82,9	82,0	76,1	68,0	34,9	58,2	73,2	81,7	83,1	84,0	84,0
30	76,9	79,1	75,7	68,2	60,5	22,7	49,2	64,7	77,0	85,7	81,0	81,0
40	71,5	72,1	70,4	62,1	54,5	19,9	43,6	60,6	70,0	73,2	76,0	76,0
50	67,8	68,8	66,1	57,2	48,0	23,5	38,2	53,7	66,9	70,0	73,0	73,0
60	62,5	64,8	60,1	52,2	44,0	12,3	33,6	50,6	60,9	64,0	68,0	68,0
90	51,8	51,7	48,2	39,5	31,7	12,9	24,1	36,7	49,2	53,4	58,0	57,0

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

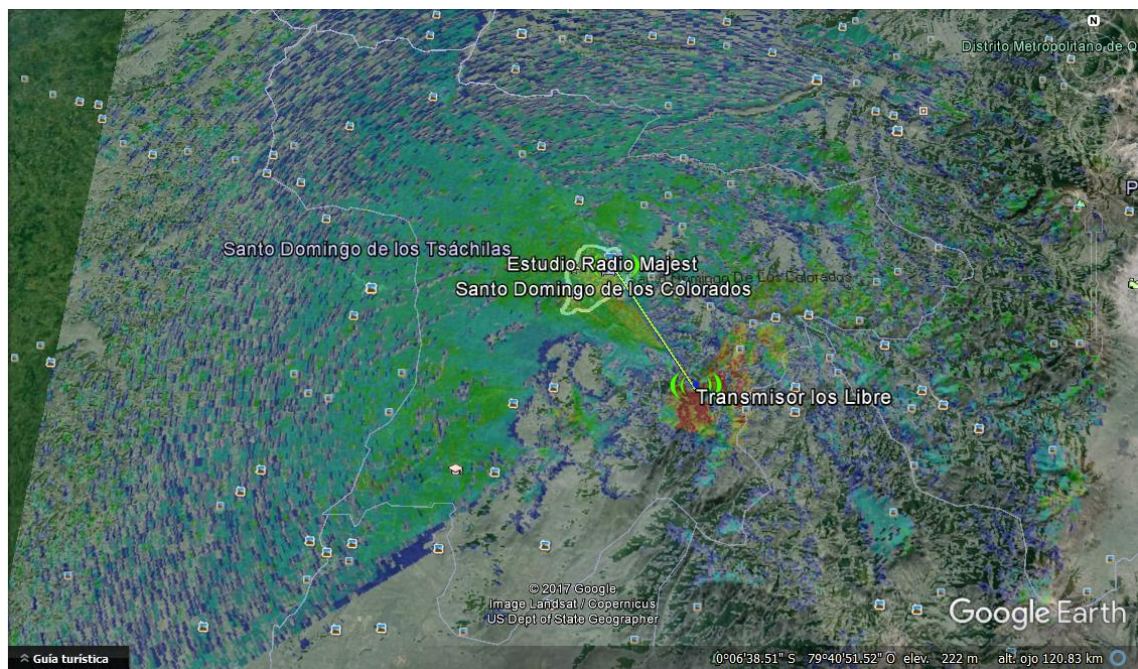
En definitiva la intensidad de campo eléctrico mínima para asegurar la óptima recepción se da en la mayoría de distancias comprendidas dentro de la cobertura del sistema, sin embargo se encuentran marcadas de color rojo las casillas con valores de intensidad de campo menores a 54 dB que es la intensidad mínima para obtener un servicio satisfactorio.





**Figura 49-2** Intensidad de campo eléctrico para cobertura en Radio Mobile.

Realizado por: Pacheco David, 2017



**Figura 50-2** Cobertura FM en Google Earth.

Realizado por: Pacheco David, 2017

## 2.2 Análisis comparativo de estándares IBOC Y DRM

Los cuatro estándares existentes de radiodifusión digital fueron desarrollados basándose en distintas filosofías de creación y características que hacen más o menos codiciados para su implementación de acuerdo a las necesidades de cada país.

Salta a consideración para la implementación en el Ecuador, los estándares IBOC y DRM debido a que no se debe realizar una nueva distribución de frecuencias para poder operar y ambos estándares poseen un modo híbrido de transmisión lo que hace más sutil el cambio hacia la digitalización en el Ecuador. Es por estas razones que verosímilmente el país adopte uno de los dos estándares, sin embargo existen muchos otros parámetros a evaluar y decidir la opción más factible.

Para evaluar los parámetros determinantes de cada estándar y ponerlos en comparación, se han considerado criterios de la recomendación UIT-R BS.1514-1 y criterios del autor.

1. **Banda de Frecuencias:** Para no incurrir en un reordenamiento de frecuencias el nuevo estándar elegido debe concordar con lo establecido en el Plan Nacional de Frecuencias realizado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones que atribuye bandas de frecuencia para los diferentes servicios de telecomunicaciones, en el caso de la radiodifusión sonora manifiesta que las emisoras pueden operar en los rangos de 88 a 108 MHz para servicios sonoros en FM.
2. **Ancho de Banda y canalización:** Este aspecto es muy importante debido a que se debe respetar la asignación de canales y anchos de banda establecidos en el Plan Nacional de Frecuencias donde se establece que la separación entre portadoras está determinada por los grupos de frecuencias asignadas en el territorio nacional como se observa en el Anexo D.
3. **Capacidad de transmisión y modulación:** Dos características importantes a evaluarse serán la capacidad de transmisión que indica la cantidad de servicios de audio y datos que se pueden enviar así como la modulación utilizada en el estándar que determinará la cobertura e inmunidad al ruido por ende la calidad de audio. Los sistemas IBOC y DRM ofrecen una gran variedad de capacidades de transmisión. Para DRM es de acuerdo al tipo de modulación, robustez y codificación. Por otro lado para el estándar IBOC es de acuerdo al modo de servicio elegido.

4. **Codificación de la fuente:** Una de sus funciones es reducir información redundante haciendo más o menos eficiente un sistema, por lo tanto la ponderación de este parámetro dependerá de que tan eficientemente se comprimen los datos sin generar mayor cantidad de errores.
5. **Calidad de audio:** La calidad de los servicios de radiocomunicaciones es una de las principales razones por las que un sistema migra a digital, en el caso de la radio refiriéndonos al servicio, los dos estándares brindan relativamente la misma calidad.
6. **Multidifusión de servicios:** En este parámetro considera la capacidad de cada estándar al transmitir varios programas independientes utilizando la misma banda y manteniendo en cada uno un nivel de calidad aceptable.
7. **Servicios de valor agregado:** Los servicios de valor agregado constituyen la capacidad del estándar de enviar u ofrecer otros tipos de servicios diferentes a los usuarios como por ejemplo texto e imágenes visualizados en receptores.
8. **Facilidad de migración híbrida:** Este parámetro busca establecer un estándar que permita implementar un sistema para el envío de información analógica y digital a la vez, y además que posea varias posibilidades de combinación de señales en base a los requerimientos actuales y futuros de la estación que desee implementar su sistema.
9. **Costos y adquisición de equipos receptores:** Este es un factor determinante a la hora de lanzar el estándar digital y apagar por completo las transmisiones FM, lo que se busca es obtener una amplia gama de modelos de receptores a bajos costos y de fácil adquisición en el mercado.
10. **Licencia de operación:** Este valor debe ser considerado para la inversión inicial lo cual resulta sustancial para tomar una decisión, en esta sección se evaluarán los costos de licencias y regalías que deberán asumir los fabricantes o estaciones que deseen poner en marcha sus funciones en base a cierto estándar.



**Tabla 24-2** Cuadro comparativo DRM+ e IBOC

<b>Parámetros</b>	<b>DRM +</b>	<b>IBOC FM</b>
1. Banda de Frecuencias	30MHz a 174MHz	87.5 MHz a 108 MHz
2. Ancho de Banda y canalización	En modo DRM + utiliza un canal adyacente con un ancho de banda de 100 kHz	Usa el mismo canal de la señal analógica. Su ancho de banda es de 396,804 kHz
3. Capacidad de transmisión y modulación	16 QAM: 99,4 a 186,3 kbps 4 QAM: 37,2 a 74,5 kbps	Mínima: 98 kbps Máxima: 278 kbps Independientemente del modo de operación se utiliza la modulación QPSK.
4. Codificación de la fuente	AAC, CELP, SBR y HVXC	HDC (HE-AAC)
5. Calidad de audio	DRM 30 alcanza una calidad de la actual FM, con DRM + la calidad es similar a la de un CD.	IBOC AM alcanza una calidad de la actual FM, con IBOC FM la calidad es similar a la de un CD.
6. Multidifusión de servicios	Multidifusión de 4 programas independientes en modo híbrido o digital.	Según el modo de servicio: Modo Híbrido: 1 analógico y 2 digitales. Modo Digital: hasta 7 canales digitales.
7. Servicios de valor agregado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transmisión de señales análogas y digitales</li> <li>- Sintonización de servicios AM, FM y DAB</li> <li>-Transferencia de objetos multimedia asociados a la programación.</li> <li>- Informes de tráfico</li> <li>- Servicios Journalie</li> <li>-Idioma de acuerdo al país de origen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transmisión de señales análogas y digitales.</li> <li>- Datos de identificación de programas.</li> <li>- Datos independientes no asociados a la programación.</li> <li>- Informes de tráfico.</li> </ul>
8. Facilidad de migración híbrida	Pensando en la transición análoga digital DRM cuenta con tres modos de adaptar equipamiento análogo al digital y poder transmitir una señal híbrida.	IBOC cuenta con tres opciones de configuración si se desea migrar a un sistema híbrido.
9. Costos y adquisición de equipos receptores	Poca existencia de receptores en el mercado a precios muy elevados.	Son fabricados en masa por lo que su precio se reduce, además se pueden adquirir fácilmente en tiendas físicas o por internet.
10. Licencia de operación	Derechos de regalías para fabricación de equipos.	La licencia forma parte de la inversión inicial de la emisora. Su precio oscila entre los 5000 y 10000 dólares.

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

### 2.2.1 Evaluación de parámetros

A continuación en la tabla 25-2 se realiza una comparación cuantitativa de los dos estándares de acuerdo a los parámetros antes mencionados, con el objetivo de determinar que estándar ofrece mejores beneficios con respecto a la situación actual de la radio FM en Ecuador.

A cada parámetro se le ha asignado un valor de importancia sobre el 100% y de manera subjetiva según el criterio del autor se determinará el valor que obtendrá cada estándar en cada uno de los parámetros.

**Tabla 25-2** Evaluación de parámetros

<b>Parámetros</b>	<b>Puntos</b>	<b>DRM</b>	<b>IBOC</b>
Banda de Frecuencias	12	12	12
Ancho de Banda y Canalización	12	8	10
Capacidad de transmisión y modulación	12	11	10
Codificación de la fuente	7	6	5
Calidad de audio	10	10	10
Multidifusión de servicios	9	9	8
Servicios de valor agregado	9	9	8
Facilidad de migración híbrida	11	11	11
Costos y adquisición de equipos receptores	12	5	12
Licencia de operación	6	5	4
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>90</b>

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Con el análisis comparativo realizado y el estudio de cada uno de los estándares se ha determinado que la mejor opción para la digitalización de la radio FM en el Ecuador es mediante el estándar IBOC el cual asegura un buen futuro para la tecnología en este país.

### **2.3 Propuesta técnica**

Las ventajas de la radio digital son a su vez las limitaciones de la radio analógica convencional FM por lo que se hace inminente su cambio, estas limitaciones son la menor calidad de audio, la degradación de calidad de audio debido a múltiples reflexiones por multitrayecto o el efecto doppler por la recepción en equipos móviles, la imposibilidad de implementar redes de frecuencia única (SFN, Single Frequency Network) y al ser considerado un sistema sin interactividad con el usuario final.

Este cambio hará más atractiva a la radio para captar nuevos clientes comerciales ya que al contar con tecnología de punta se puede ofrecer publicidad auditiva y gracias a la transmisión de datos publicidad visual y avisos importantes de otra índole. La estación también podrá expandir sus radioescuchas ya que gracias a la canalización, se logra transmitir información en cada uno de los canales (hasta tres canales adicionales) aumentando las opciones de programación.

Como se analizó en el capítulo anterior el sistema IBOC ofrece dos modos de funcionamiento el modo híbrido e híbrido mejorado. Notablemente se cambia a un sistema IBOC FM debido a que la estación es FM en la frecuencia de 88,9 MHz, por consiguiente se mantendrá la misma frecuencia para hacer la transición lo más inocua posible y no perder clientes.

IBOC, In Band On Channel ahora con el modo (híbrido ampliado), trabaja prácticamente igual que el híbrido simple, sólo que permite que el ancho de banda de la señal digital se vaya ampliando, mientras se reduce la señal analógica. Una vez que el sistema está preparado se dará inicio al modo totalmente digital, última fase de transición a la tecnología de radiodifusión digital.

Con la implementación en modo híbrido ampliado se podrá transmitir un canal adicional lo cual aumentara opciones de programación y espacios publicitarios generando mayores posibilidades de ingreso a la emisora.

### ***2.3.1 Elección del método para producir señal híbrida FM***

Como se alcanzó observar en el capítulo anterior existen 3 métodos para la transición de una radio analógica a un sistema híbrido FM, de acuerdo a estas especificaciones se evalúa cada opción y se determinará la más óptima para la futura implementación.

#### ***2.3.1.1 Combinación a bajo nivel***

La combinación a bajo nivel se produce en la etapa inicial de la transmisión, la ventaja de usar este método es que reduce el número de elementos que la estación debe adquirir por consiguiente reduce la potencia, la energía eléctrica, calor y espacio dentro de la cabina de transmisión. Al usar la misma antena para la transmisión la intensidad de campo en la señal IBOC y FM se conserva en cualquier área de cobertura, sin embargo la redundancia del sistema es minimizada con este método.

La eficiencia del sistema en conjunto es similar a la combinación de alto nivel pero no se debe adquirir tantos equipos extra y no se tiene que implementar un transmisor adicional si no que el antiguo es reemplazado por un transmisor digital a la misma potencia.

#### ***2.3.1.2 Combinación a alto nivel***

Este tipo de combinación se produce al final de la etapa activa final, posee un alto costo al implementar amplificadores antes de la entrada al combinador, es necesario aumentar la potencia a la salida del excitador debido a que el combinador reduce la potencia que se desea transmitir.

La pérdida de potencia que presenta en el combinador se disipa en forma de calor (requiere cambiar el sistema de ventilación), por lo tanto se pierde el 10% de la potencia analógica que genera el transmisor y el 90% en potencia de la señal digital lo que resulta un sistema no muy óptimo a la hora de montar una estación.

Como la señal se genera en excitadores separados, alimentan a transmisores independientes donde el transmisor análogo funciona como un amplificador de alta eficiencia y el transmisor digital opera a frecuencias más bajas. La ventaja de este método es que posee redundancia en la señal ya que si el transmisor digital falla permanece funcionando el analógico.

#### *2.3.1.3 Combinación espacial*

Para que este método se pueda implementar se necesitan dos antenas para cada transmisión como se mencionó en el capítulo anterior, al suprimir la etapa de combinación no existe pérdida de potencia lo que no requerirá de un transmisor de alta potencia para la señal digital. Además las pérdidas se minimizan al no poseer la etapa de combinación.

En el caso de las antenas ambas deben radiar con el mismo patrón de radiación y poseer la misma cobertura teniendo que compensar diferencias de ganancia entre las antenas si las hubiera, además se requiere más espacio en la torre.

Un factor de desventaja es que cuando se instalan dos antenas, tenemos que asegurarnos de que no haya interferencia entre las señales de radio por lo que se recomienda realizar un aislamiento entre antenas de al menos 35dB según la empresa NAUTEL fabricante de equipos y promotora de pruebas para radiodifusión. Este es el método que posee mayor redundancia y ocupa más espacio físico en la cabina transmisora, al usar sistemas de transmisión analógica y digital completamente separados. Sin embargo cuando la transición se complete en el país y solo se transmita en digital habrá un desperdicio de antena por lo que se incurriría en gastos extra.

#### *2.3.1.4 Justificación del sistema a utilizar*

Tomando en cuenta las características que ofrecen los tres métodos de implementación híbrida, se procede a realizar una evaluación de parámetros para determinar el sistema más óptimo y que mejor se adapte a las condiciones iniciales para el proyecto.

De manera subjetiva se asignarán las puntuaciones de cada parámetro, ponderando sobre 10 puntos mientras más beneficioso sea dicho parámetro en el método.

**Tabla 26-2** Evaluación de parámetros

Parámetros	Puntos	Comb. a bajo nivel	Comb. a alto nivel	Comb. Espacial
Adquisición de nuevos equipos	10	9	5	7
Consumo de potencia	10	9	4	6
Costos de implementación	10	8	5	7
Reutilización de equipos	10	7	7	8
Redundancia del sistema	10	4	8	9
Espacio físico utilizado	10	7	6	4
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>44</b>	<b>35</b>	<b>41</b>

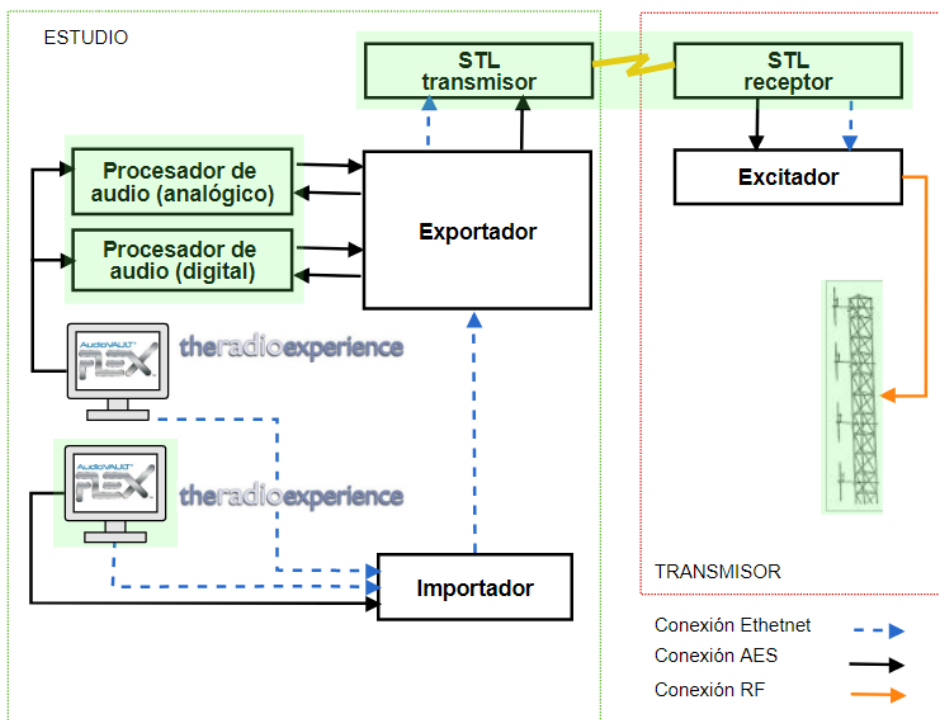
Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

En la tabla 26-2 se define el resultado de la evaluación, surgiendo el combinador a bajo nivel como la mejor opción para una propuesta híbrida según las necesidades de la emisora estudiada.

### 2.3.2 Diagrama de bloques del sistema a utilizar en el estudio.

La estructura de renovación para la estación se muestra en la figura 51-2, donde los equipos que seguirán operando en la nueva estructura están resaltados de color verde, también se encuentran señaladas las conexiones respectivas a cada equipo.



**Figura 51-2** Estructura de estación Radio con IBOC Híbrido FM.

Realizado por: Pacheco David, 2017



El funcionamiento de cada diagrama de bloques se encuentra especificado en el capítulo anterior, considerando estas características los equipos que se deberán adquirir son:

- Etapa de generación de audio (computadores, softwares y consola de audio)
- Importador
- Exportador
- Excitador

El excitador, exportador e importador al formar parte de la topología Ibiquty son fabricados en una línea de productos ofertada por varias empresas.

### ***2.3.3 Selección de equipos para la estructura planteada***

En el mercado existen muchas marcas que ofertan sus productos para la transmisión de radio digital no solo con HD Radio si no también con otros de los estándares antes mencionados como DRM.

Existen varios fabricantes especialmente al norte del continente Americano que con la licencia de Ibiquty ofrecen productos que generan procesan o transmiten señales y distintos equipos para una comunicación de radiodifusión digital de alta definición. Así por ejemplo, los fabricantes hacen productos ejecutando el firmware Ibiquty y procesan audio y datos que conforman una señal IBOC.

Por su parte el enlace estudio transmisor (STL, Studio Transmitter Link), a pesar de ser una parte importante para el envío de información entre el estudio y la cabina de transmisión (ubicada en el cerro) no está dentro de la norma NRSC-5C y es en esta parte donde los desarrolladores de hardware tienen mayor posibilidad de innovar.

Existen solamente 5 empresas en el mundo licenciadas por Ibiquty Digital Corp. que garantizan la compatibilidad de sus equipos con la tecnología IBOC, sim embargo se analizarán las 3 compañías más fuertes y con amplia gama de equipos.

Las marcas más importantes existentes en el mercado son:

- Broadcast Electronics
- Harris
- Nautel

Para la selección de la marca se toma en consideración la accesibilidad en el mercado, rendimiento, garantía, etc.

#### *2.3.3.1 Broadcast Electronics*

Broadcast Electronics ofrece una garantía de dos años en todos sus productos y asistencia técnica las 24 horas. Broadcast Electronics Inc. es un proveedor extranjero en Estados Unidos que exporta productos vía aérea a Ecuatronic Cia Ltda. ubicada en la ciudad de Quito.

La empresa oferta una amplia gama de productos que permiten transmitir HD Radio entre ellos están transmisores, excitadores, exportadores, importadores, amplificadores y software para organizar la programación radial.

#### *2.3.3.2 Nautel*

Es un fabricante canadiense de transmisores AM y FM de radiodifusión, ofreciendo equipos de alta potencia para la radiodifusión como amplificadores, transmisores y excitadores además de una garantía de los primeros cuatro años pos venta, sin embargo esta marca no tiene respaldo técnico o legal en el país.

#### *2.3.3.3 Harris*

Harris Corporation es un proveedor extranjero en Estados Unidos que exporta productos de radiodifusión como amplificadores, transmisores exportadores, importadores además ofrece soluciones para clientes comerciales y gubernamentales como sistemas de estudio digital (software). Cuenta con garantía estándar de un año y representaciones en línea.

#### *2.3.3.4 Selección de marca para adquisición de línea de componentes*

Una vez analizadas las marcas comercializadoras de los nuevos equipos requeridos la mejor opción para futura implementación es Broadcast Electronics ya que ofrece productos garantizados y asistencia técnica, además sus equipos están respaldados por la compañía Ibiquity razón por la cual sus equipos resultan compatibles con las características del estándar.




La empresa aliada de BE en Ecuador es la compañía Ecuatronic una empresa pionera en el cambio a la era digital; diseñando, integrando y apoyando proyectos en Latinoamérica. Con respecto a las marcas de procesadores y códecs para el Enlace Estudio Transmisor se seguirá la línea de Omnia y Telos Alliance con la que la empresa ha venido operando en los últimos años.

### 2.3.4 Hardware y Software necesarios para el nuevo diseño

Los equipos elegidos para la nueva arquitectura fueron escogidos en base a las características detalladas en el marco teórico y la disponibilidad de estos productos en el mercado. Cabe mencionar que los equipos seleccionados fueron siguiendo la línea de la marca BE por lo que su operatividad están garantizadas.

**Tabla 27-2** Equipos seleccionados para la transmisión con IBOC Híbrido

DESCRIPCIÓN	EQUIPO
<p>Es un software de automatización para radio de la empresa Broadcast Electronics, administra y edita el contenido musical almacenando y compartiendo archivos de varias estaciones (HD1, HD2...). Reutiliza el contenido para nuevos canales de Internet o HD2</p> <p>TRE es necesario para extraer la información de nombre de la canción y artista del sistema, además de agregar texto adicional como promociones, publicidad, mensajes relacionados con audio, incluso etiquetas de canciones y herramientas interactivas de redes sociales.</p>	<p>Audio VAULT Flex BE</p>  <p>The radio experience (TRE)</p> 
<p>Cuenta con 8 canales de entrada y salida, puede utilizarse con los sistemas operativos Windows o Linux.</p> <p>4 entradas / salidas AES / EBU, con convertidor de frecuencia de muestreo de hardware en cada entrada AES / EBU.</p>	<p>Tarjeta de Sonido VX882e</p> 
<p>Compatible con Audio VAULT y por conexión Ethernet a BE XPi 10 con el exportador.</p> <p>Habilita múltiples programas HD2 Multicasting, datos PAD (Datos asociados al programa) y AAS (Servicios de Aplicación Avanzada) para su visualización en receptores HD.</p> <p>Cuenta con entradas y salidas AES y Ethernet.</p>	<p>Importador IDi 40 HD Radio BE</p> 

<p>Reconoce la señal de audio analógica y digital MPS, MP3D, SIS y señal de datos desde el importador, codifica el MPS utilizando el códec HDC de Ibiquty y lo combina con los datos en un único flujo.</p> <p>Permite el uso de STL unidireccional en muchas instalaciones.</p> <p>Posee una interfaz web para poder operar local o remotamente.</p> <p>Monitorea continuamente las señales analógicas y HD FM, alineando automáticamente los retardos de diversidad en tiempo.</p>	<p>Exportador XPi 10esp BE</p> 
<p>Posee la excitadora digital integrada.</p> <p>Modos de operación:</p> <p>FM : 500-2200 W</p> <p>FM + HD (con VPe XG) : 1.555W @ -20 dB; 1,110W @ -14 dB; 890W @ -10dB (Todas las potencias son aproximadas, los niveles de potencia reales dependen de la instalación y la frecuencia)</p> <p>HD solamente (con VPe XG) : 670W (Típica : Potencia de salida real dependiente de la instalación y frecuencia)</p> <p>Impedancia de salida : 50 ohmios nominal</p> <p>Rango de Frecuencia: 87,5 MHz a 108 MHz, programable en pasos de 10 kHz</p> <p>Modulación:</p> <p>Sólo FM, HD Radio solamente, o HD Radio + FM, DRM +</p> <p>Conectores: AES y L&amp;R analógico.</p> <p>Incluye VPE XG con capacidad Exgine para la difusión de HD Radio en STX LP, además aumenta el nivel de potencia HD -20dB a -14dB o -10dB.</p>	<p>Excitador Transmisor STX LP 2K</p>  

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

En la cotización de equipos realizada a la empresa Broadcast Electronics en el Anexo C se detalla las características de los equipos y con que vienen añadidas para su difusión, como es el caso del importador que ya se agregó una computadora y tarjeta de sonido lista para poner en funcionamiento.

Los equipos existentes que se unen a la configuración del sistema híbrido son el procesador de audio Omnia 11 ya que este modelo se puede actualizar a FM/HD en una fecha posterior según Telos Aliance, entregando rutas de procesamiento separadas para FM y HD.

Para el enlace estudio transmisor también se utilizarán los equipos Z/IP ONE disponibles para realizar un enlace STL. Esta línea de solución STL opera sin licencia en las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 5,8GHz, evitando costos mensuales. Los dos tipos de datos ingresados al códec se envían a través de las antenas para lograr una transmisión de audio estéreo sin compresión a 44,1 ks/s y datos Ethernet de hasta 512kbps (tabla 14-1) de los cuales solo se utiliza una capacidad de 112,06 kbps en modo híbrido MP2 el cual se pretende implementar. Finalmente las antenas utilizadas tanto para el STL y para la transmisión a 88,9 MHz serán las mismas.

Para el caso de la computadora que se encuentra operando actualmente en la cabina de sonido, dicho componente cumple con los requerimientos necesarios para ser usada posterior a la instalación del software Audio VAULT para la transmisión digital, sin embargo también se debe instalar una tarjeta de sonido antes mencionada la cual sirve para transformar el audio analógico en digital ya que no es recomendable trabajar con el audio integrado en la mainboard debido a que el audio se registrara con mucho ruido.

### ***2.3.5 Análisis de escenario de la estación con IBOC FM Híbrido***

En base a toda la información revisada anteriormente se propone llevar a cabo la implementación FM + HD Radio en base a los siguientes parámetros.

El modelo de propagación usado para determinar la cobertura en diferentes puntos del área geográfica con el sistema IBOC híbrido, será el UIT-R 1546-4 donde se deberá asegurar la misma cobertura que posee la radio actualmente.

La potencia de transmisión será de 1616w en modo híbrido, sin embargo cuando la transición analógica quede obsoleta, la potencia requerida para la transmisión en digital será de solo 16w (1% de la potencia a la salida del transmisor analógico). Donde la potencia efectiva radiada será:

$$PER[dBw] = T_X[dBw] - L_{C_{TX}}[dB] + G_{TX}[dBd]$$

$$PER = 10 \log(1616) - 4,06 \text{ dB} + 6\text{dBd} = 34,02 \text{ dBw} = 2526 \text{ w}$$

En el territorio nacional se asignan 6 grupos de frecuencias como se observa en el anexo D, La separación entre frecuencias de cada grupo es de 1200 kHz y una separación mínima de 400kHz para la asignación de canales consecutivos que sirven a una misma zona geográfica.

Existen 10 modos de servicio para transmitir una señal IBOC FM híbrida o completamente digital, de los cuales MP1 es usado para generar una señal híbrida y MP2, MP3 y MP11 para generar una señal híbrida extendida.

El modo de servicio MP2 es el modo de servicio que se pretenderá poner en marcha después de la instalación de equipos, en este modo hace uso de las bandas laterales primarias extendidas con una partición de frecuencia haciendo casi inocua la disminución del ancho de banda de la señal analógica reduciéndola de  $\pm 129 \text{ kHz}$  a  $\pm 122 \text{ kHz}$  tomando en cuenta la figura 31-1.

La capacidad de transmisión de los modos disponibles para IBOC FM están en la tabla 12-1, para el caso de el modo de transmisión MP2 el cual se pretende implementar, los canales lógicos que posee son P1, P3 y PIDS. Se debe hallar la capacidad total de transmisión en cada uno de los canales lógicos los cuales sumados darán la capacidad total del sistema digital.

$$Capacidad P1 = 146176[bits] \cdot \frac{44100}{65536} [Hz] = 98,36 \left[ \frac{Kbits}{s} \right]$$

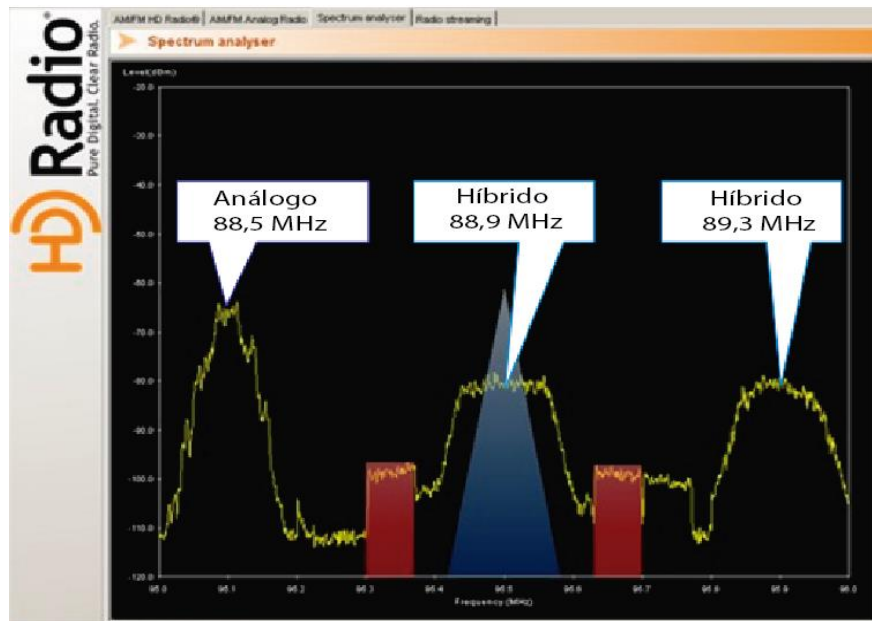
$$Capacidad P3 = 2304[bits] \cdot 5,383 [Hz] = 12,4 \left[ \frac{Kbits}{s} \right]$$

$$Capacidad PIDS = 80[bits] \cdot 10,77 [Hz] = 0,86 \left[ \frac{Kbits}{s} \right]$$

Por lo tanto la capacidad total de transmisión será:

$$Capacidad Total = 98,8 + 12,4 + 0,86 = 112,06 \left[ \frac{Kbits}{s} \right]$$

La señal resultante aproximada (figura 52-2) tomando en cuenta las señales aledañas, a una frecuencia más baja se encuentra una señal de audio analógico con portadora en 88,5 MHz y a una frecuencia más alta una señal híbrida con portadora analógica en 89,3 MHz.



**Figura 52-2** Ejemplo de la distribución del espectro en modo híbrido.

Realizado por: Pacheco David, 2017

Seguidamente se presenta la cobertura de manera virtual haciendo uso de la herramienta Xirio la cual permite la simulación de sistemas digitales, contando específicamente para configurar el estudio en modo IBOC híbrido extendido.

**Crear nuevo estudio**

**Seleccione un tipo de estudio**

- Enlace
- Cobertura**
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte
- Altura efectiva

**Estudio de cobertura:**

Este estudio representa valores de la señal impuesta por un transmisor, en términos de campo eléctrico o potencia, en todos los puntos dentro del área seleccionada por el usuario.

[Leer más](#)

**Seleccione un servicio o tecnología**

Categoría: Radiodifusión Sonora ▼

Subcategoría: IBOC ▼

Servicio: IBOC - FM Híbrido ▼

**Figura 53-2** Creación de nuevo estudio

Realizado por: Pacheco David, 2017

El método de cálculo utilizado es el UIT-R 1546 manejado anteriormente para obtener los niveles de recepción que se debe asegurar en las diferentes localidades.

Al igual que en el capítulo anterior el umbral de recepción examina sus valores medianos es decir con el 50% del tiempo y para el 50% de las ubicaciones.

Para sistemas de radiodifusión en VHF y UHF, la desviación típica de la variación de ubicaciones es de 5.5 dB en sistemas digitales y para sistemas analógicos en 100 y 600 MHz, será de 8.3 dB y 9.5 dB respectivamente.

**Método de cálculo**

**Nombre:** Nuevo Rec. UIT-R P.1546

**Método de propagación:** Rec. UIT-R P.1546

Método empírico para la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz. Válido en entornos rurales para cualquier servicio radioeléctrico, pero especialmente recomendado para radiodifusión sonora y audiovisual cuando no se dispone de cartografía precisa o a distancias superiores a los 100 kms.

**Resolución:** 100 m/pixel

---

**Propiedades de Rec. UIT-R P.1546**

**Porcentaje de tiempo:** 50 %

Despejamiento

**Porcentaje de emplazamiento** 50 %

**Desviación típica de la variación con las ubicaciones** 5.5 dB

**Figura 54-2** Propiedades método de cálculo.

Realizado por: Pacheco David, 2017

**Coordenadas**

**Latitud:** 00°24'31.09"S

**Longitud:** 079°04'29.12"W

**Figura 55-2** Propiedades de transmisión.

Realizado por: Pacheco David, 2017

La antena se encuentra a una altura de 30m, se trata de una antena omnidireccional con polarización circular derecha. También se supone una pérdida de 1,6 dB/100m considerando la longitud del feeder de 37,5 m, pérdidas en conectores de 0,5 dB y 2,5 dB por inserción de splitter. Finalmente la potencia FM+HD del transmisor de 1616 w @20dB.



**Parámetros de radio**

**Antena:** Antena GP-4

**Altura antena:** 30 m

**Orientación:** 320 [0,359]

**Inclinación:** 0 [-90,90]

---

**Frecuencias de transmisión**

88.900 MHz

**Polarización:** Circular

---

**Feeder:** Nuevo feeder

**Longitud del feeder:** 37.5 m

**Pérdidas del feeder:** 1.06 dB

**Pérdidas pasivos:** 3 dB

---

**Potencia:** 1616 W

**Figura 56-2** Parámetros de radio.

Realizado por: Pacheco David, 2017

En la figura 52-7 se especifica la frecuencia inicial y final dando como resultado un ancho de banda total de 400kHz. Una ganancia de 6dBd=8,15dBi y una discriminación de polarización cruzada considerando el peor de los casos.

**Propiedades**

**Tipo de diagrama:**  Copolar  Xpolar

**Polarización:** Circular

**Ganancia:** 8.15 dBi

**Frecuencia inicial:** 88.7 MHz

**Frecuencia final:** 89.1 MHz

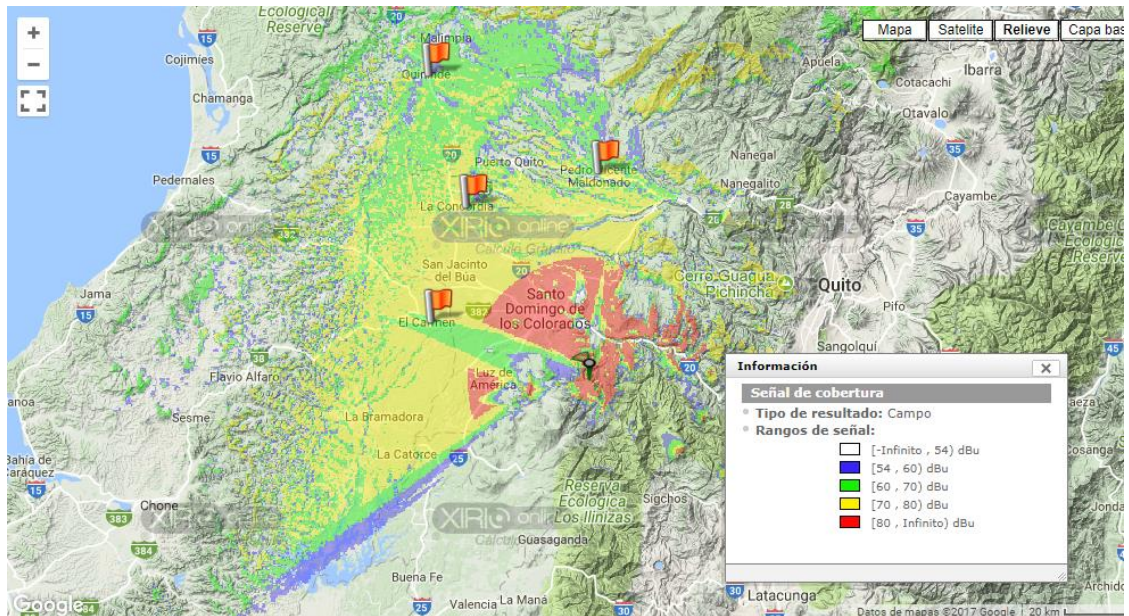
**XPD 90:** 30 dB

**Ancho de haz:** 360 °

**Rel. delante/atrás:** 0 dB

**Figura 57-2** Parámetros de la antena.

Realizado por: Pacheco David, 2017



**Figura 58-2** Cobertura resultante.

Realizado por: Pacheco David, 2017

La nueva cobertura se mantiene asegurando los niveles de señal requeridos para una buena recepción superando los 54 dBuV/m. A continuación se presenta el nivel de recepción promedio en los puntos de interés.

- Santo Domingo 86,1 dBuV/m
- La Concordia 73,19 dBuV/m
- El Carmen 72,22 dBuV/m
- Quinindé 69,36 dBuV/m
- Pedro Vicente Maldonado 70 dBuV/m

## 2.4 Propuesta económica

Uno de los parámetros importantes para una transición tecnológica son los costos que representan el cambio para la estación de radio y la proyección de ingresos que se obtendrán de la misma. La propuesta tecnológica pretende adelantar al cambio y ver si resulta viable el proyecto debido a que la radiodifusión es un medio preferido por su fácil accesibilidad y bajos costos de los equipos receptores.

En primera instancia al usar el estándar IBOC se propone el uso de la misma banda de frecuencia actual lo que permite usar algunos equipos con los que está funcionando actualmente la radio y usando el sistema simulcast los usuarios no están obligados a cambiar su antiguo receptor.

### 2.4.1 Programación y valores tarifarios

Aquí se detalla la programación que mantiene la radio hasta la fecha y los planes mensuales que ofertan, esto nos dará un despliegue de la posibilidad de ingreso que puede generar la estación a nivel regional, brindando sus servicios a Santo Domingo, Quinindé, Pedro Vicente, El Carmen y zonas parroquiales de la provincia Santo Domingueña.

**Tabla 28-2** Detalle de programación y precios.

PROGRAMACION	DERECHOS	HORARIO	VALOR MENSUAL
LA PAROLA Alberto Astudillo	Presentación 2 cuñas 2 menciones Despedida	Lunes a Viernes 05:00 – 06:00	700
A PRIMERA HORA Fabricio Vela y Alexis Moncayo	Presentación 4 cuñas 4 menciones Despedida	Lunes a Viernes 06:00 – 08:00	2000
EL CARTEL...los capos de la radio Nick the Hitman, Juelieta Estrella, Jose Andrés Estrella	Presentación 4 cuñas 3 menciones Despedida	Lunes a Viernes 08:00 – 12:00	1800
BENDITA TARDE Ivis Vega, Bruno Rampón, Carla Sarmiento	Presentación 4 cuñas 3 menciones Despedida	Lunes a Viernes 12:00 – 14:00	1600
AL SON QUE ME TOQUES José Paz, Vanessa Cueca, Bella Querevalu	Presentación 2 cuñas 2 menciones Despedida	Lunes a Viernes 15:00 – 18:00	1250
MEZCLAS EN VIVO	Presentación 2 cuñas 2 menciones Despedida	Lunes a Viernes 18:00 – 19:30	800
DE TODO UN POCO Marcelo Armiños	Presentación 3 cuñas 2 menciones Despedida	Lunes a Viernes 19:30 – 21:00	500
CONFIESATE Lizbeth Diaz y Fernando Tapia	Presentación 3 cuñas 2 menciones	Lunes a Viernes 21:00 – 24:00	500

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Los ingresos que percibe la estación de radio son gracias a la publicidad auditiva en cuñas y menciones las cuales varían según su duración.

**Tabla 29-2** Tarifas Regulares

<b>PROGRAMACIÓN</b>	<b>HORARIO</b>	<b>DURACIÓN</b>	<b>VALOR CUÑA TARIFARIO</b>
REGULAR	Rotativo	10 segundos	3.30
		20 segundos	5.00
		30 segundos	7.00
		40 segundos	10.00
		50 segundos	13.00
		60 segundos	16.00

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

Las cuñas ordenadas en horario rotativo no serán incluidas en los horarios de los noticieros, debido a que estas cuentan con una tarifa diferente en los horarios de 06:00 a 8:00.

**Tabla 30-2** Tarifas Noticiero

<b>Duración Cuña</b>	<b>Valor por Cuña</b>
10 seg.	5.00
20 seg.	9.88
30 seg.	15.00
40 seg.	19.75
50 seg.	25.50
60 seg.	30.50

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

#### **2.4.2 Información financiera actual**

Con la finalidad de presentar información de los ingresos actuales que percibe la estación de radio, se tomó como referencia el mes de junio del 2017, considerando los auspiciantes y el valor presentado por los servicios de publicidad.

**Tabla 31-2** Ingresos junio 2017

<b>Auspiciantes</b>	<b>Ingreso mensual US\$ (Referencial)</b>
IPG MEDIABRANDS	530
MERPUBLI CIA LTDA	680
ARBOLEDA CADENA NANCY ROSA	1.170
GRUPO CREATIVO PUBLYMARK	800
UNIVERSIDAD REGIONAL AUTONOMA DE LOS ANDES SEDE SANTO DOMINGO	1.600
GAD PROVINCIAL STO DGO DE LOS TSÁCHILAS	1.800
MAS COMUNICACION PLUSCOM	1.000
SCANNEREXPRESS SEGURIDAD INTEGRADA CIA LTDA	197
CONSORCIO EA ECOAMBIENTAL	160
CREACIONAL SA	700
NORLOP THOMPSON ASOCIADOS SA	320
IMPORTADORA LOAIZA & OBANDO LOB S.A	1.200
MCCANN ERICKSON ECUADOR PUBLICIDAD S.A.	800
MERPUBLI CIA LTDA	700
LAAR COURIER EXPRESS S.A	1.600
IPG MEDIABRANDS	700
<b>Total Ingresos</b>	<b>13.957</b>

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

**Tabla 32-2** Egresos junio 2017

<b>Detalle de egresos</b>	<b>Egreso mensual US\$ (Referencial)</b>
Sueldos, salarios y demás remuneraciones	3.289
Beneficios sociales e indemnizaciones y otras que no gravan al IESS	479
Aportes a la seguridad social (incluido fondo de reserva)	665
Del costo histórico- Propiedad planta y equipo NO Acelerada	25
Provisiones-Otros	504
Promoción y publicidad	1.064
Consumo de combustible y lubricantes	57
Gastos de gestión	21
Suministros herramientas materiales y repuestos	64
Mantenimiento y reparaciones	124
Pago de concesión de frecuencias e impuestos municipales	20
Comisiones diferentes de las financieras- No relacionadas Locales	1.123
Servicios públicos	646
Otros	293
<b>Total Egresos</b>	<b>8.374</b>

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

El valor de utilidad que genera la compañía se deduce en base a los ingresos menos los egresos, al mes de junio del 2017 son.

**Tabla 33-2** Valor de utilidad 2017

Ingresos US\$	Egresos US\$	Utilidad US\$
13.957	8.374	5.583

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Para percibir la información financiera de un periodo contable completo, se consideran el flujo generado de ingresos, egresos y utilidad mensualizado del año 2016, los que nos van a servir como base para realizar la proyección y evaluación económica.

**Tabla 34-2** Información financiera 2016

Nº	Mes	Total Ingresos US\$	Total Egresos US\$	Utilidad US\$
1	Enero	6.399	4.479	1.920
2	Febrero	8.629	6.040	2.589
3	Marzo	6.487	4.541	1.946
4	Abril	14.418	10.093	4.325
5	Mayo	10.752	7.526	3.225
6	Junio	13.735	9.615	4.121
7	Julio	10.932	7.652	3.280
8	Agosto	13.131	9.192	3.939
9	Septiembre	9.879	6.916	2.964
10	Octubre	15.198	10.639	4.559
11	Noviembre	15.074	10.552	4.522
12	Diciembre	17.315	12.120	5.194
<b>Total</b>		<b>141.948</b>	<b>99.363</b>	<b>42.584</b>

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

### 2.4.3 Proyección Financiera

Para determinar la proyección financiera del proyecto de inversión se tomará en cuenta las modificaciones que se efectuarán las cuales influirán en los ingresos y aumentarán anualmente en un 20% tomando en cuenta los parámetros estimados por influencias administrativas que son:

- De cambio: Se considera el cambio en métodos de venta debido a que la programación cambiará, ya que se ofrecerá servicio publicitario de texto, multimedia (imágenes) y auditivo.

- Corrientes de crecimiento: Será el desarrollo de las ventas tomando en cuenta el factor de actualización en la empresa con lo cual se tendrá un incremento en las ventas. Es decir en el caso de que se adquiriera receptores digitales las opciones de ventas por publicidad aumentarán debido al multicasting.

**Tabla 35-2** Costos por nuevos servicios

<b>Programación</b>	<b>Horario</b>	<b>Servicios</b>	<b>Caracteres/ Tiempo</b>	<b>Valor Tarifario</b>
Regular	Rotativo	Texto	60 caracteres	1,80
			128 caracteres	2,40
		Imágenes	30 segundos	5,00
			45 segundos	6,80
			60 segundos	9,00

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

Para estimar el incremento de costos y gastos, la tasa de inflación reflejada en el Banco Central del Ecuador es del 2% al 5% en los últimos 3 años, sin embargo para el cálculo se optó una tasa de inflación del 5% considerando un enfoque conservador. (Banco Central del Ecuador).

**Tabla 36-2** Proyección a 5 años

<b>Detalle</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
(+) Ventas proyectadas	141.947,72	170.337,26	204.404,72	245.285,66	294.342,79
(-) Costos y Gastos	99.363	104.331,57	109.548,15	115.025,56	120.776,84
(=)Utilidad antes de participación trabajadores e impuestos	42.584,32	66.005,69	94.856,56	130.260,10	173.565,95
(-) 15% Participación Trabajadores	6.387,65	9.900,85	14.228,48	19.539,01	26.034,89
(=) Utilidad antes de impuestos	36.196,67	56.104,84	80.628,08	110.721,08	147.531,06
(-) 22% Impuesto a la renta	7.963,27	12.343,06	17.738,18	24.358,64	32.456,83
(=) Utilidad Neta	28.233,40	43.761,77	62.889,90	86.362,45	115.074,23

**Realizado por:** Pacheco David, 2017

**Fuente:** Pacheco David, 2017

Para poner en marcha la digitalización de la radio y brindar las nuevas opciones de servicio la estación debe asumir los siguientes gastos basados en la proforma suministrada por la empresa Broadcast Electronics en el Anexo C.

**Tabla 37-2** Inversión inicial para implementación del diseño propuesto

<b>Requerimientos</b>	<b>Valor</b>
STX LP Series FM/HD Transmitter	19.185,00
VPe XG	22.450,00
Gabinete, correas de tierra y cables	1.570,00
Kit extensión de salida: incluye conector con brida y línea de transmisión	615,00
XPi-10 Exporter	11.720,00
IDi-40 Importer	19.900,00
(2) Tarjeta de Sonido VX222e	1.200,00
(2) AudioVAULT Flex BE	6.000,00
(2) The radio experience (TRE)	1.200,00
PC core i5, 16Gb RAM, monitor LCD 23"	2.500,00
Envío	1250,00
Diseño e Instalación	10.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>97.590,00</b>

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

#### 2.4.4 VAN Y TIR

Para realizar un proyecto empresarial es importante analizar la posible rentabilidad del mismo, determinando si resulta o no factible económicamente. Para ello cuando se invierte capital en un proyecto se espera obtener cierta rentabilidad a través de los años. Esta rentabilidad debe ser mayor que una inversión de poco riesgo como por ejemplo los intereses generados al depositar cierta cantidad de dinero en una entidad bancaria.

El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), son dos herramientas financieras que nos permiten determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión o inversiones de negocios en marcha. Al analizar estos indicadores se puede tomar la decisión de si invertir o no en el proyecto.

##### 2.4.4.1 VAN

El VAN utiliza los flujos futuros de caja que tendrá el proyecto para calcular a valor presente la utilidad que la inversión generará mediante la siguiente fórmula.

$$VAN = -I_0 \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$



Componentes básicos para cálculo del VAN:

- Inversión inicial ( $I_0$ )
- Futuros flujos de caja de cada año ( $Q_n$ )
- Tasa de interés con la que estamos comparando ( $r$ )
- Número de años de la inversión ( $N$ )

#### 2.4.4.2 TIR

Tasa Interna de Retorno hace que el VAN sea cero, es decir el TIR es la máxima tasa de retorno o interés para que el proyecto sea rentable. Se determina con la siguiente fórmula, siendo en este caso  $r$  un valor desconocido.

$$TIR = -I_0 \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

#### 2.4.4.3 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

**Tabla 38-2** Flujo de caja e inversión inicial

Detalle	US\$
Inversión inicial	97.590,00
Año 1	28.233,40
Año 2	43.761,77
Año 3	62.889,90
Año 4	86.362,45
Año 5	115.074,23

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

**Tabla 39-2** Tasas de interés

	dic-16	jul-17
Tasa de inflación Dic 2016	1,12%	0,10%
Tasa de interés pasiva Dic 2016	5,12%	4,84%
0,0624	6,24%	4,94%

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: (Banco Central del Ecuador)

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} = -I_0 + \left( \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \frac{Q_3}{(1+r)^3} + \frac{Q_4}{(1+r)^4} + \frac{Q_5}{(1+r)^5} \right)$$

$$VAN =$$

$$-97.590,00 + \left( \frac{28.233,40}{(1+0,0624)^1} + \frac{43.761,77}{(1+0,0624)^2} + \frac{62.889,90}{(1+0,0624)^3} + \frac{86.362,45}{(1+0,0624)^4} + \frac{115.074,23}{(1+0,0624)^5} \right)$$

$$VAN = 173.018,05$$

#### 2.4.4.4 *Calculo de Tasa Interna de Retorno (TIR)*

$$0 = -97.590,00 + \left( \frac{28.233,40}{(1+r)^1} + \frac{43.761,77}{(1+r)^2} + \frac{62.889,90}{(1+r)^3} + \frac{86.362,45}{(1+r)^4} + \frac{115.074,23}{(1+r)^5} \right)$$

$$TIR = 45\%$$

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la siguiente sección se analizan e interpretan los resultados de la situación actual de la radio Majestad en recursos materiales para la transmisión y cobertura, el análisis comparativo de los estándares que posiblemente serán adoptados en el país con la finalidad de proponer mejoras en las tecnologías de información y comunicación radiales sonoras, mediante la adopción de un estándar digital. Los resultados obtenidos de la propuesta técnica es decir la justificación del sistema, equipos, cobertura y niveles de campo en sectores clave una vez aplicada la propuesta. Finalmente los resultados de la propuesta económica conseguidos con herramientas financieras que permitirán evaluar la factibilidad económica del proyecto.

Para la elección del mejor estándar de radio digital en Ecuador y método para producir la señal híbrida se utilizó el método de ponderación de factores, asignando a cada factor un peso relativo y calificando individualmente cada alternativa del estudio para cada factor. Los factores se ponderarán de acuerdo a su rendimiento, siendo “0” la mínima puntuación y el peso relativo de cada factor la máxima puntuación.

#### 3.1 Análisis de la situación actual de la emisora Radio Majestad 88.9 FM

Mediante el sondeo de los recursos de la estación Majestad FM se logró conocer la manera en la que opera dicha emisora y las características de su equipamiento actual. Por lo que se aduce que los equipos de alta frecuencia utilizados son exclusivamente para una transmisión analógica y para el cambio a digital estos equipos deberán ser remplazados. Cuando se refiere a equipos de alta frecuencia se enuncia a lo que se denomina excitador de un transmisor, en el caso de la estación objeto de estudio esta etapa está conformada solamente por el transmisor Elenos ETG ya que carece de etapa de amplificación.

El resto de sus componentes como procesador de audio, STL y antenas llevan operando 7 años y podrán ser reutilizados en el nuevo diseño híbrido gracias a sus características especificadas en el capítulo anterior, su buen estado físico y tiempo de vida útil estimado entre 15 y 20 años.

La estación no pretende expandir su cobertura actual por lo que la nueva planificación digital debe tener la misma cobertura de la figura 49-2, asegurando los niveles de campo eléctrico de la tabla 23-2 obtenidos siguiendo la recomendación UIT-R P.1546-4.

**Tabla 40-3** Niveles de intensidad de campo mínima a asegurar

Ubicación	Campo Eléctrico (dB uV/m)
Santo Domingo	85
La Concordia	65,9
El Carmen	70,6
Pedro Vicente Maldonado	63,4
Quinindé	64,3

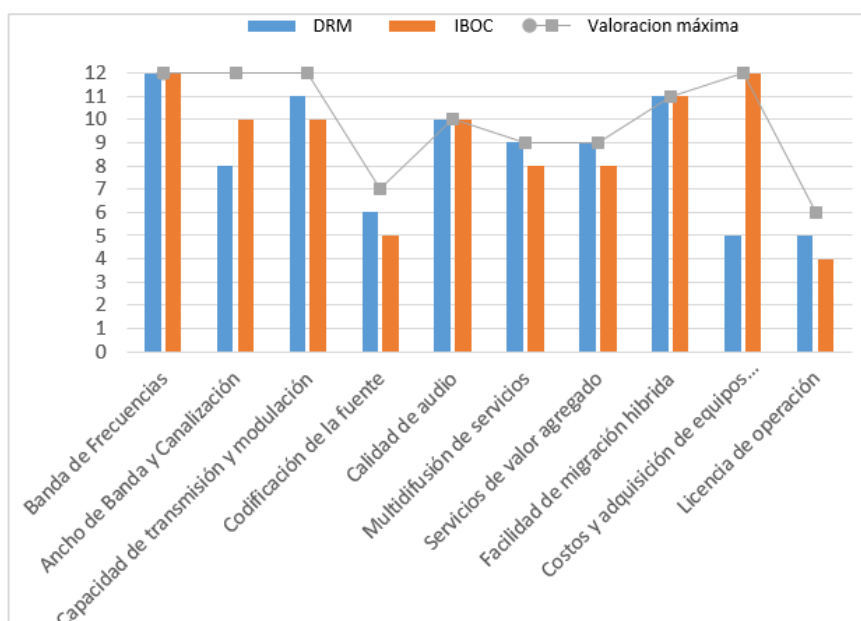
Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

La cobertura de la emisora radial cubre casi en su totalidad la provincia de Santo Domingo extendiéndose también por las ciudades del Carmen, Quinindé y el cantón Pedro Vicente Maldonado pertenecientes a las provincias de Manabí, Esmeraldas y Pichincha respectivamente. Por lo que la intensidad de campo mínima a proteger luego de la digitalización debe ser igual a los valores obtenidos durante el análisis de cobertura de la estación.

### 3.2 Análisis comparativo de estándares

En esta sección se analizarán los resultados de la comparación inductiva en base a la tabla 25-2, mediante la cual se presentan los resultados de la figura 59-3 que indica por barras el nivel de desempeño y adaptabilidad de cada parámetro a las necesidades del Ecuador. Debido a que ciertos parámetros son más relevantes que otros su valoración es distinta, por ello los valores máximos que cada parámetro puede alcanzar están denotados con un marcador gris.



**Figura 59-3** Marcador de puntuación en parámetros

Realizado por: Pacheco David, 2017

En el parámetro banda de frecuencia se asignó una valoración de 12 puntos a IBOC y DRM ya que ambos estándares se ajustan a las regulaciones vigentes del Estado Ecuatoriano para operar en las bandas ya establecidas a la radio FM.

El ancho de banda y canalización IBOC obtuvo una valoración de 10 debido a que el estándar se ajusta a las asignaciones del canal y ancho de banda al colocar las portadoras digitales en las bandas superior e inferior a la señal analógica. Por su parte DRM se le asignó 8 ya que para implementar este sistema la única opción sería utilizar un canal adyacente, dificultando la licitación de un nuevo canal de frecuencias, además como ya se mencionó antes este sistema no ha estandarizado sus niveles de protección.

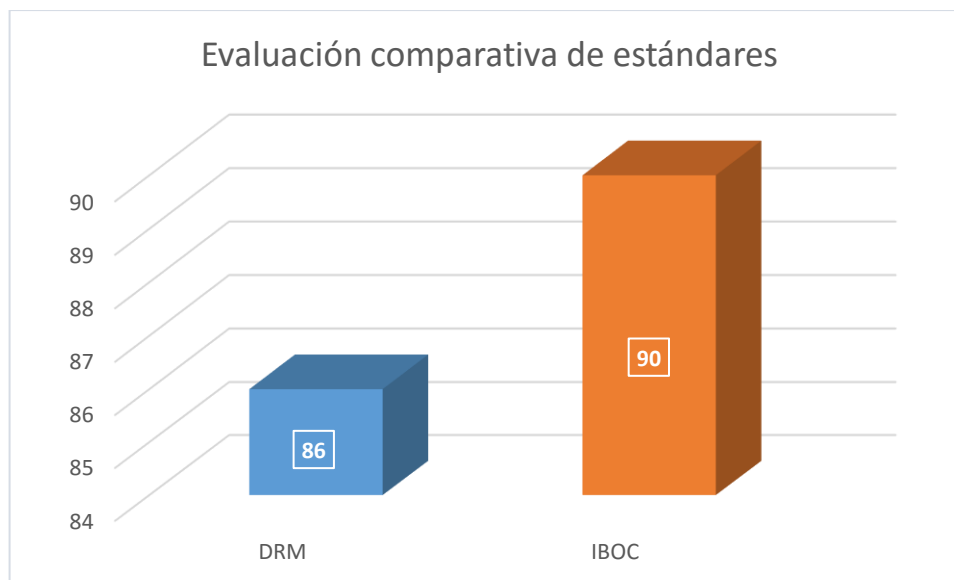
El estándar IBOC ofrece una mayor capacidad de información pero una modulación menos robusta razón por la cual este parámetro se valoró en 10 puntos, por su parte DRM ofrece dos tipos de modulación más robustas que la que usa IBOC pero también posee una ligera disminución en su capacidad de transmisión de datos por lo que se ponderó con 11 puntos.

DRM ofrece un sistema de codificación muy robusto combinando varios codificadores cada uno desempeñando una función específica. El estándar IBOC utiliza una modificación del códec AAC que utiliza DRM, pero con ciertas variabilidades que el estándar se reserva, de modo que a DRM e IBOC se les asignó puntuaciones de 6 y 5 respectivamente. Con respecto a la calidad de audio los dos estándares tienen la misma valoración de 10 puntos porque ofrecen las mismas calidades de audio similar a la de un disco compacto.

Ambos poseen la posibilidad de difundir hasta 4 servicios de audio y datos independientes sin embargo en el estándar IBOC esta posibilidad se reduce a la mitad en el modo de transmisión híbrido razón por la cual obtuvo una valoración de 7 puntos, al contrario de DRM que obtuvo una ponderación de 9. Referente a los servicios de valor agregado se concedió 8 puntos a IBOC y 9 puntos a DRM al poseer una cierta ventaja desplegando más funcionalidades disponibles en el receptor como pequeñas fracciones de video e idioma de acuerdo al país de origen.

Las posibilidades de migración híbrida son iguales en los dos estándares puesto que cada sistema cuenta con tres posibilidades para combinar la señal digital y analógica, por eso ambos estándares obtienen una ponderación de 11. Acerca del costo y adquisición de receptores, IBOC lleva una gran ventaja ya que cuenta con una gran cantidad de modelos con más de 60 fabricantes recibiendo una ponderación de 12, por otro lado DRM posee una cantidad limitada de fabricación de receptores disponiendo de escasos prototipos para recepción DRM+, así que recibió una ponderación de 5 puntos.

Finalmente el estándar DRM recibe una valoración de 5 en el parámetro licencia de operación ya que la inversión no es realizada por parte de las emisoras si no por parte de los fabricantes de equipos con compatibilidad DRM. Para IBOC la licencia debe ser cancelada por parte de la emisora a la comisión de HD Radio encargada de la adjudicación de dichas licencias razón por la cual se confiere una valoración de 4 puntos.



**Figura 60-3** Resultado de análisis comparativo entre IBOC y DRM

Realizado por: Pacheco David, 2017

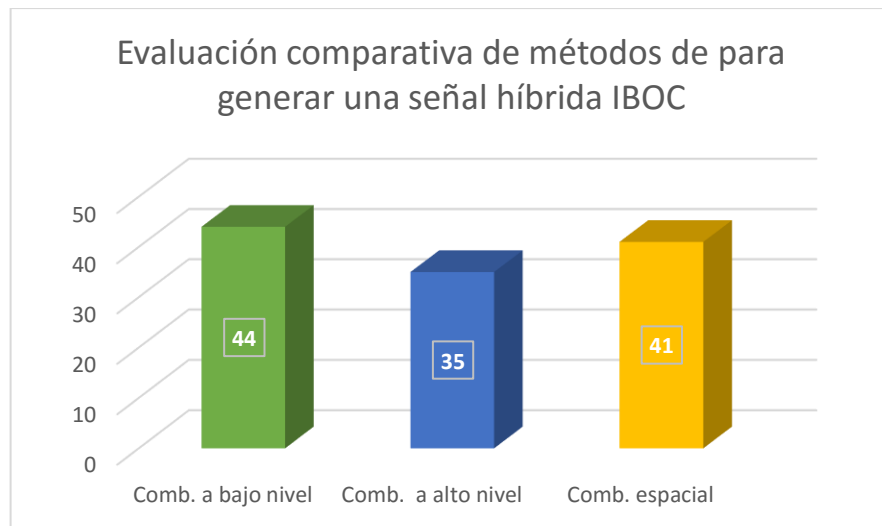
Mediante los resultados finales (figura 60-3) del análisis comparativo se puede determinar que el estándar IBOC cumple con la mayoría de parámetros requeridos con un total de 90% del 100% por lo que se considera la opción más viable para su implementación en el Ecuador, mientras que el estándar DRM suma un total de 86% solo 4 puntos más abajo por lo que se considera una segunda opción para su implementación.

### 3.3 Propuesta técnica

#### 3.3.1 Método para producir la señal híbrida FM

Para obtener los resultados de la evaluación del mejor método se tomaron en cuenta 6 parámetros en común que poseen los tres métodos descritos en la tabla 26-2 y con la sumatoria de los valores de cada parámetro se obtuvo un total de 44 puntos para la combinación a bajo nivel, 35 puntos para la combinación a alto nivel y finalmente 41 puntos para la combinación espacial.

En la figura 61-3 se detalla el resultado de la evaluación de cada método de generación de señal híbrida IBOC, en efecto la combinación a bajo nivel obtiene una mayor puntuación total lo que significa que es la mejor opción para la futura implementación de radio. Una segunda alternativa sería implementar el método de combinación espacial, no obstante la combinación a nivel alto no es recomendada para su implementación en las condiciones actuales de la emisora.



**Figura 61-3** Evaluación de métodos de generación de señal híbrida.

Realizado por: Pacheco David, 2017

Los factores que hacen a la combinación a bajo nivel la mejor opción son que reducen la adquisición de nuevos equipos, que es lo que se busca en una emisora que ya está operando sus funciones. Al no adquirir tantos equipos nuevos y reutilizar los dispositivos con los que se disponen actualmente los costos de implementación y espacio físico utilizados también se reducen. Por otro lado la redundancia aportada por este método es baja lo que significa que si el sistema análogo o digital fallara el otro también lo hará y se prescindirá del servicio.

La marca seleccionada para la futura adquisición de su línea de productos fue BE Broadcast Electronics, debido a que es compañía global que lidera en el desarrollo de la radio digital en todo el mundo y por medio de la cual se obtuvo asistencia inmediata a interrogantes de carácter técnico, estructural y económico.

La cotización de equipos proporcionado por BE (Anexo C) es referencial ya que los precios no incluyen impuestos estatales y locales, la importación, los impuestos especiales y demás impuestos o tasas que puedan presentarse variarán de acuerdo al lugar de envío.

### 3.3.2 *Detalles de transmisión*

El modo de servicio determina el ancho de banda, capacidad de transmisión, robustez y la densidad espectral de potencia de las señales por lo tanto es un factor crucial a la hora de implementar un sistema IBOC FM híbrido o completamente digital. El modo de servicio elegido fue MP2 que entrega 2 canales de programación digital independiente junto con la señal análoga convencional la cual no se ve afectada ya que pasa de un ancho de banda de 220kHz a 224,9 kHz.

Analizando las demás posibles opciones, por ejemplo si se implementara el modo híbrido MP1 solo se obtendría 1 canal análogo y uno digital, por el contrario si aumentáramos el modo de servicio a los modos MP3 o MP11 se podrían aumentar 2 y 3 canales respectivamente pero disminuyendo el ancho de banda analógico y su cobertura, razones por la cual no fueron elegidos.

El modo de servicio MP2 tendrá los siguientes parámetros:

Capacidad de transmisión en el canal lógico P1 de 98.38 kbits/s, lo que significa que por este canal se tendrá una alta capacidad de transmisión y servirá para la transmisión del audio y datos HD1. El canal lógico P3 es un canal de menor potencia con una capacidad de transmisión de 12.4 kbits/s, servirá para la transmisión del audio y datos de un subcanal HD2. Por último el canal lógico que conformará los dos subcanales de transmisión es el canal lógico PIDS con una capacidad de solo 860 bits/s, su capacidad es baja debido a que solo transporta datos SIS.

La robustez aplicada a cada canal lógico no es la misma ya que el CL P1 tiene una robustez de 2 lo que significa que es más resistente a los efectos del canal, por otro lado P3 y PIDS poseen una tolerancia a errores más baja con un nivel de robustez de 3.

La latencia o retraso atribuido al canal lógico P1 1,49s, a P3 0.19s y a PIDS 0,09s. La latencia es un valor que va de la mano con la capacidad de transmisión y robustez ya que al aplicarle mayor profundidad de entrelazado o una tasa de codificación más alta la latencia aumentará, por lo tanto a canales lógicos más robustos mayor será el tiempo de latencia.

Típicamente la variación de potencia es de 20dB es decir el 1% de la señal portadora FM y se puede extender hasta -10dB lo que es igual al 10% de la señal portadora de FM. Si en FM se transmite con una potencia de 2500 w, la nueva potencia para la señal análoga podrá variar entre 25w a 250 w. En caso de que estos valores excedan su rango establecido las señales se sobrepondrán causando interferencias entre ellas.



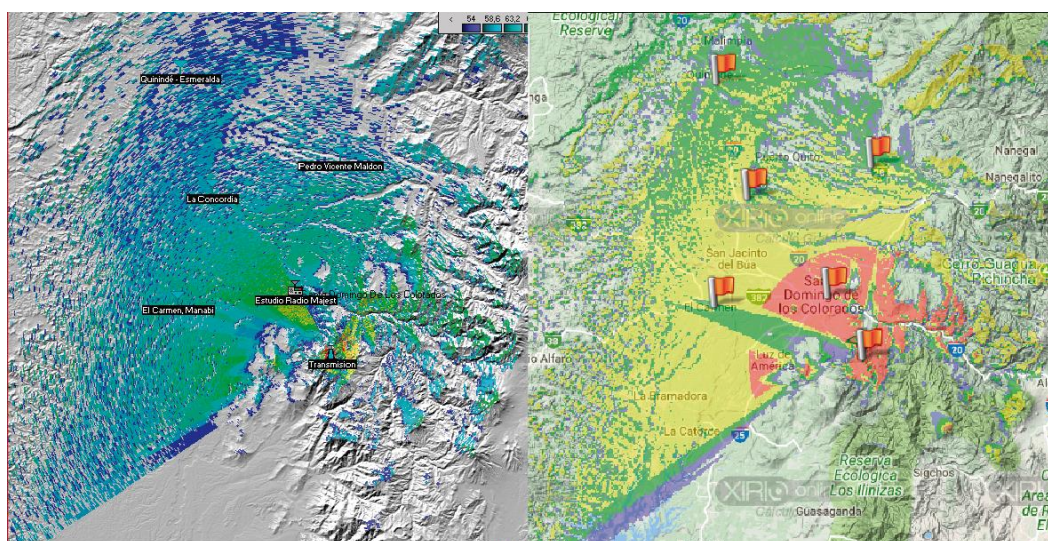
Dado que el combinado de 200 kHz de ancho de banda IBOC es casi igual al asignado a FM, la eficiencia espectral de IBOC es de 4 veces mayor a la de FM, este aumento de eficiencia espectral es más aprovechado en el modo totalmente digital donde los 400 kHz son utilizados por portadoras digitales que transmiten voz y datos.

Al ser una propuesta y no una implementación se puede prever posibles resultados, sin embargo para obtener datos más precisos es necesario realizar pruebas de campo que permitan determinar resultados más exactos.

### 3.3.3 Simulación

Mediante la arquitectura propuesta los receptores HD Radio contarán con dos canales de programación digital (audio y datos) y la recepción análoga FM de siempre, sin embargo cuando el país apague la señal FM, la estación de radio podrá enviar hasta 7 canales independientes aumentando de manera significativa las opciones de programación para sus clientes y por ende sus ganancias.

Como se observa en la figura 62-3 los resultados de la simulación obtenidos utilizando el modelo de propagación 1546-4 son muy similares a los obtenidos utilizando el software Radio Mobile que utiliza el cálculo de propagación Longley-Rice, por lo que podemos comprobar que los dos métodos de predicción de cobertura convergen entre si dando como resultado coberturas similares de modo que los dos métodos son utilizados para radiodifusión sonora.



**Figura 62-3** Comparación de coberturas

Realizado por: Pacheco David, 2017

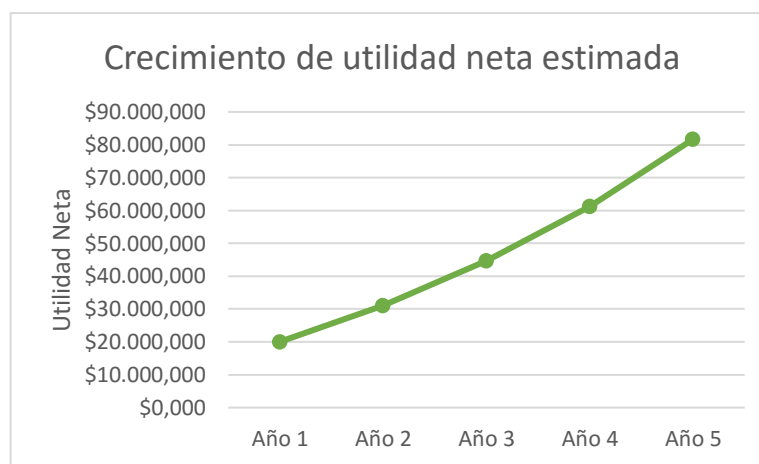
En base a la comparación de gráficos de cobertura (figura 62-3), se concluye que IBOC Híbrido FM brinda una cobertura similar a la actual análoga FM, sin embargo la cobertura IBOC brinda niveles de señal un poco más altos en los puntos de interés señalados en los gráficos.

Por ejemplo casi al borde de la cobertura en Quinindé el nivel de señal análogo es de aproximadamente 64,3 dBuV/m mientras que con IBOC es de 69,36 dBuV/m no obstante se deberán realizar pruebas de campo para corroborar la eficiencia del estándar en el área estudiada.

El posible escenario en el Ecuador con respecto la banda II utilizada actualmente para FM sería un resultado saturado debido a que el espacio de la onda IBOC ocupa 396 KHz de los 400 disponibles para cada estación. Sin embargo hasta que el cambio digital suceda las señales análogas y digitales deberán coexistir.

### 3.4 Evaluación Financiera

De acuerdo a la estación de radio Majestad sus ingresos tienen un aumento anual del 3%, por lo tanto se percibe que después de implementar la arquitectura híbrida con IBOC FM estos aumentarán al 20%, este aumento se debe a que los servicios ofertados casi se triplican al ofrecer la programación análoga convencional, y 2 canales digitales de programación.



**Figura 63-3** Utilidad neta en años proyectados

Realizado por: Pacheco David, 2017

Como resultado en el aumento de ingresos anual gracias a la multidifusión, la utilidad neta aumentará de acuerdo a los valores de la figura 63-3, para recuperar la inversión inicial se destinara un 29% de la utilidad anual de tal manera que en 5 años no solo se habrá recuperado la inversión sino que también se habrán generado más ganancias.

**Tabla 41-3** Resumen resultados VAN y TIR

<b>Año 0</b>					
<b>Inversión inicial</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
97.590,00	28.233,40	43.761,77	62.889,90	86.362,45	115.074,23
<b>VAN</b>	173.018,05				
<b>TIR</b>	45%				

Realizado por: Pacheco David, 2017

Fuente: Pacheco David, 2017

Una vez estimada la utilidad neta del año 1 al 5 de la empresa gracias a la oferta de nuevos servicios, se obtuvo un VAN 173.018,05 como se observa en la tabla 41-3, este resultado quiere decir que este proyecto aporta una ganancia por encima de la tasa de interés pasiva remitida por las entidades del sistema financiero nacional al Banco Central del Ecuador, para todos los rangos de plazos (considerada una inversión de bajo riesgo que genera cierta cantidad de intereses). Por lo tanto la presente propuesta resulta viable para la empresa.

Por su parte el TIR de 45% nos indica que el proyecto de inversión es aceptado ya que supera la tasa de rentabilidad mínima esperada que es de 6,24%. El valor alto del TIR supone un retorno de inversión igual a recibir intereses del 45% de nuestro dinero. Si el TIR fuese cero significaría que económicamente daría lo mismo invertir en el proyecto o invertirlo en un banco. Sin embargo al analizar el riesgo de ambas propuestas el proyecto de inversión posee más riesgo que el interés generado en un banco por lo que la segunda opción sería mejor.

En definitiva mediante la obtención positiva de los resultados del VAN y TIR se puede decir que la propuesta para la futura implementación de radio digital en la estación radio Majestad es factible económicamente y se asegura que la empresa no incurrirá en déficit de sus ganancias.

## CONCLUSIONES

Con la realización del estudio técnico y económico se puede concluir que la transmisión de radio a través del estándar IBOC FM en modo híbrido sobre el cual se sustentó el futuro diseño de la emisora de radio, es operativamente realizable debido a que los resultados arrojados en la simulación indican que la cobertura híbrida mantiene los niveles de señal similar a la cobertura análoga, pero ofreciendo mayor eficiencia y nuevos servicios.

La emisora de radio Majestad pudo optimizar sus recursos reutilizando la mayoría de sus equipos actuales los que seguirán funcionales por aproximadamente 13 años más, estos equipos formarán parte de la nueva arquitectura híbrida que conformará el nuevo sistema manteniendo niveles de cobertura e intensidad de la radio analógica.

Al estar muy próximas las señales digitales y la portadora FM la relación o variación entre potencia análoga y digital deberá ser de mínimo 10dB, es decir que la máxima potencia digital debe ser del 10% de la señal FM para que las señales no se sobrepongan y causen interferencias.

Debido a la canalización lograda con la radio digital la emisora de radio podrá aumentar su oferta disponible ofreciendo diferentes programaciones en múltiples canales, otra opción favorable sería la integración de dos estaciones de radio enviando cada una su programación pero compartiendo el mismo equipamiento.

Cuando las emisiones análogas cesen por completo se podrá transmitir señales en modo completamente digital utilizando la topología y equipamiento propuesto en esta investigación permitiendo la escalabilidad del sistema.

De acuerdo a sus necesidades cada estación podrá elegir el modo de operación bajo el cual desea trabajar haciendo del estándar IBOC un sistema muy flexible, ya que permitirá elegir a cada radiodifusor la forma de implementar esta tecnología en caso de ser adoptada el Ecuador.

Cuando el sistema IBOC sea implementado de manera completamente digital las radios podrán tener un ahorro energético debido a que se necesitará menos potencia para enviar la señal digital y cubrir la misma zona de servicio, lo que hace que la migración a digital resulte atractiva para las emisoras de radio del país.

Mediante el estudio de factibilidad económica se determinó que la emisora radio Majestad obtendrá una utilidad neta aproximada del 45% de sus ganancias actuales, debido a que sus ingresos anuales aumentarán en un 20% al brindar nuevos servicios. También se estipula que el tiempo de recuperación de la inversión será de 5 años al indicar que se destinará un 29% de la utilidad neta hasta el quinto año.

## RECOMENDACIONES

Para futuras implementaciones o proyectos bajo el estándar IBOC se recomienda tomar como referencia la presente investigación ya que se analizan las diferentes etapas que conforman la generación y transmisión de una señal digital en una radiodifusora operativa de Ecuador.

Considerando que los equipos y tecnologías se modifican constantemente hay que tener en cuenta siempre trabajar con equipos actualizados los que por lo general brindan mayor beneficio que sus versiones anteriores, así que se recomienda contactar siempre a varios proveedores para recibir asistencia técnica y diversificar precios.

Si la emisora de radio Majestad efectúa esta propuesta se recomienda llevar a cabo un plan de instalación, manipulación y control de equipos con ingenieros, técnicos y personal especializado o en caso de ser necesario realizar una capacitación que permita al personal familiarizarse con el tema.

Se recomienda consultar con desarrolladores de proyectos especializados en la tecnología digital, los cuales podrán guiar con sus conocimientos y experiencia para plantear un diseño óptimo en base a las necesidades requeridas.

En base al análisis teórico técnico se recomienda realizar pruebas de campo con la contribución de la empresa Ibiquity para corroborar y examinar potencias de transmisión, tipos de transmisiones, posibles interferencias y calidades de servicio en recepción fijo y móvil.

El uso de software para realizar simulaciones es determinante por ello al realizar cálculos de cobertura se recomienda el uso de la herramienta Xirio que permite la configuración de parámetros de radio digital, teniendo una función específica para realizar estudios mediante IBOC híbrido y permitiendo trabajar con diferentes métodos de predicción de cobertura.

Si se requiere mayor precisión y resolución a la que se realizará el cálculo se recomienda adquirir softwares de pago, por ejemplo Xirio cuenta con un tarifario en euros que permitirá mantener los cálculos realizados de forma permanente y realizar cálculos ilimitados.

Con el objetivo de promover la inclusión de las nuevas tecnologías de radiodifusión sonora se recomienda realizar grupos de investigación en coordinación con organismos afines a la radiocomunicación para poder impulsar tecnologías como esta y muchas más.

## BIBLIOGRAFÍA

**BANCO CENTRAL DEL ECUADOR.** *Inflación mensual* [En línea]. 2016. [Consulta: 12 de 08 de 2017]. Disponible en: [https://contenido.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=inflacion](https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion)

*Broadcast Electronics: Inc. FXi 250 and FXi 60* [En línea] [Consulta: 04 de agosto de 2017]. Disponible en: [www.bdcast.com](http://www.bdcast.com)

*Características de las antenas transmisoras en ondas métricas y decimétricas* [En línea] 2013. [Consulta: 16 de agosto de 2017]. Disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1195-1-201301-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1195-1-201301-I!!PDF-S.pdf)

**CONSUMER ELECTRONICS ASSOCIATION AND NATIONAL ASSOCIATION OF BROADCASTERS.** *In-band/on-channel Digital Radio Broadcasting Standard*. Arlington y Washington-Estados Unidos: CEA & NAB, 2011, pp. 16-31

*Contaminación electromagnética: soluciones expertas.* [En línea]. 2012. [Consulta: 17 de 05 de 2017]. Disponible en: <http://www.radiansa.com/contaminacion-electromagnetica/index.htm>

**DETWEILER, Jeff.** *Conversion Requirements for AM & FM Transmission* [En línea]. 2013. [Consulta: 07 de agosto de 2017]. Disponible en: [https://hdradio.com/sites/default/files/conversion\\_requirements.pdf](https://hdradio.com/sites/default/files/conversion_requirements.pdf)

**DRM CONSORTIUM.** *DRM Introduction and Implementation Guide*. Vol.2. Ginebra: Nigel Laflin, 2013, pp. 3-56

*El fin de una era: Noruega, primer país del mundo en apagar su señal de FM* [En línea]. 2017. [Consulta: 12 de junio de 2017]. Disponible en: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/04/150421\\_tecnologia\\_noruega\\_radio\\_fm\\_cambio\\_digital\\_ig](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/04/150421_tecnologia_noruega_radio_fm_cambio_digital_ig)

*Espectro Radioeléctrico* [En línea] [Consulta: 2017 de marzo de 20.] <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>.

**FONTAL, Bernardo.** *El Espectro Electromagnético y sus aplicaciones*. Mérida: Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química, 2005, pp. 7

**GARCÍA GAGO, Santiago.** *Manual para Radialistas Analfatécnicos*. 2ª ed. La Paz: Ministerio de Comunicación del Estado Plurinacional de Bolivia, pp. 44



**GOULD, Bill.** *New STL/TSL Solutions for LAN/WAN Extension to Transmitter Sites.* [En línea]. 2015. [Consulta: 05 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.moseleystb.com/mb/whitepapers/gould.pdf>

*Gustavo Orna conversa sobre pruebas de DRM* [En línea]. Febrero 2012. [Consulta: 30 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.radioworld.com/global/0007/gustavo-orna-conversa-sobre-pruebas-de-drm/323709>

*HD Radio* [En línea]. México: 2017. [Consulta: 04 de 08 de 2017]. Disponible en: <https://hdradio.com/mexico/productos>

*HD Radio Digital AM & FM* [En línea]. 2014. [Consulta: 24 de agosto de 2017]. Disponible en: <https://hdradio.com/broadcasters/licensing>

**IBIQUITY DIGITAL CORPORATION.** *HD Radio™ Design Description Layer 1 FM.* Columbia: 2011.pp 15-39

**MAXSON, David P.** *The IBOC Handbook.* Burlington: Focal Press, 2007.pp 4-257

*Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz.* [En línea] 2010. [Consulta: 15 de 08 de 2017]. Disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf)

**MOLINA PAEZ, Andrea Cristina & MORA FIERRO, Byron Lenín.** *Análisis Técnico Socio Económico para la Migración de Radiodifusión Analógica a Radiodifusión Digital para la banda Am en Quito, utilizando el estándar DRM (tesis de pregrado).* Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. pp. 19. [En línea]. 2013. [Consulta: 21 de 08 de 2017]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6761/1/CD-5141.pdf>

**NIETO GONZALES, Alejandro.** *¿Qué son el VAN y el TIR?* [blog]. [Consulta: 10 de septiembre de 2017]. Disponible en: <https://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-son-el-van-y-el-tir>

*Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica.* [En línea] 2015. [Consulta: 18 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf>

*Observatorio de Tecnología: Radio Digital* [En línea].2008. [Consulta: 26 de junio de 2017]. Disponible en: [http://observatoriotecedu.uned.ac.cr/media/radio\\_digital.pdf](http://observatoriotecedu.uned.ac.cr/media/radio_digital.pdf)

*Patent Licensing.* [En línea] [Consulta: 02 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.via-corp.com/us/en/licensing/drm/overview.html>

*Procesadores de Audio para Radio* [En línea] [Consulta: 17 de 04 de 2017]. Disponible en: <http://www.analfatecnicos.net/archivos/61.ProcesadoresAudioParaRadio-Gustavo%20Pesci-Hardata.pdf>

**RAMIREZ LUZ, Ramón.** *Sistemas de Radiocomunicaciones*. Madrid: Ediciones Paraninfo, pp. 2-12

**RAY, Thomas R.** *HD Radio Implementation*. Burlington: Focal Press, 2012, pp. 171

*Resoluciones Arcotel*. [En línea] marzo de 2017. [Consulta: 05 de 06 de 2017] Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/resoluciones/>

**SALINAS CECCOPIERI, Martha Alejandra** *Comparación de tecnologías de radio digital para su aplicación en México (tesis de pregrado)* Universidad Nacional Autónoma de México, México, México. pp. 9-66. [En línea].2011. [Consulta: 05 de 06 de 2017] Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/161/A1.pdf?sequence=1>

*Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz* [En línea]. Ginebra: 2010. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1514-2-201103-I/es>

*The Telos Alliance*. [En línea].2017. [Consulta: 31 de agosto de 2017]. Disponible en: <https://www.telosalliance.com/Telos/ZIP-ONE>

**TOMASI, Wayne.** *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: PEARSON Educación, 2003, pp. 1-4

## ANEXOS

### ANEXO A

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE LA EMISORA RADIO MAJESTAD

- Telos Z/IP ONE

#### **Conformance and Compatibility:**

Conforms to N/ACIP (Open) Standards. Fully supports Session Initiation Protocol 2.0 (SIP) Compatible with TCP, UDP, DNS, Zephyr Xtream®, Uncompressed PCM, and other Internet Protocols.

#### **Codecs:**

SIP: G.711, G.722, MPEGLayer2, MPEGAAC, MPEG4AACLC, MPEG2AACLC, Linear PCM, MPEG AAC-Enhanced Low Delay (ELD), HighEfficiencyAAC.

#### **Connections:**

##### **Analog**

1x Stereo input, presented on two XLR-F connections

1x Stereo output, presented on two XLR-M connections

##### **Livewire**

1x 100BASE-T connections, presented on RJ-45

##### **AES/EBU**

1x Stereo Input, presented on one XLR-F connection

1x Stereo Output, presented on one XLR-M connection

##### **Network**

2x 100BASE-T connections, presented on RJ45 (1x LAN, 1x WAN)

##### **USB**

2x A-Type, Female

##### **Parallel (GPIO)**

1x DB25, Male

#### **Audio:**

##### **Analog Line Inputs:**

Input Impedance: 6K Ohm differential

Input Range: Selectable, Line (+4 dBu nominal), Microphone (-50dBu nominal)

Selectable Phantom power

##### **Analog Line Outputs:**

Output Impedance: 50 Ohm differential

Output Clipping: +22dBu

##### **Digital Audio Inputs And Outputs**

Reference Level: +4 dBu (-20 dB FSD)

Impedance: 110 Ohm, balanced

Signal Format: AES3 (AES/EBU)

AES3 Input Compliance: 24-bit with sample rate conversion

AES3 Output Compliance: 24-bit

Digital Reference: Internal (network timebase) or external reference 48 kHz, +/- 2 ppm

Internal Sampling Rate: 48 kHz

Input Sample Rate: 32 kHz to 192 kHz

Output Sample Rate: 48, 44.1 or 32 kHz, or "sync to input" (auto-matches rate and clock from AES/EBU input)

A/D Conversions: 24-bit, Delta-Sigma, 256x oversampling

D/A Conversions: 24-bit, Delta-Sigma, 256x oversampling

##### **Frequency Response**

Any input to any output: +/- 1dB 25– 20 kHz

##### **Headroom**

18 dB

- Rocket M5 y antena Ubiquiti

### Especificaciones Técnicas

Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memoria	64MB SDRAM, 8MB Flash
Interfaz de red	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Interface Ethernet

### CERTIFICACIÓN Y CONFORMIDAD

Certificación	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
Conformidad RoHS	SI

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS / ELÉCTRICAS / AMBIENTALES

Tamaño de la Caja	16cm largo x 8cm ancho x 3cm alto
Peso	0.5 kg
Conector RF	2x RPSMA (Resistentes a la Intemperie)
Características de la Caja	Exterior, Plástico UV Estabilizado
Kit de Montaje	Kit de Montaje para mastil incluido
Consumo Máximo	8 Watts, Fuente de Alimentación PoE de 24V, 1A Incluida
Alimentación	Passive Power over Ethernet, PoE Pasivo (pares 4,5+; 7,8 retorno)
Temperatura de Funcionamiento	De -30C a 75C
Humedad de Funcionamiento	Condensación de 5 a 95%
Shock y Vibración	ETSI300-019-1.4

### RANGO DE FRECUENCIAS 5745MHz-5825MHz

Transferencia	TX Medio	Tolerancia	Transferencia	Sensibilidad	Tolerancia
1-24Mbps	27 dBm	+/-2dB	24Mbps	-83 dBm	+/-2dB
36Mbps	25 dBm	+/-2dB	36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
48Mbps	23 dBm	+/-2dB	48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
54Mbps	22 dBm	+/-2dB	54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
MCS0	27 dBm	+/-2dB	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
MCS1	27 dBm	+/-2dB	MCS1	-95 dBm	+/-2dB
MCS2	27 dBm	+/-2dB	MCS2	-92 dBm	+/-2dB
MCS3	27 dBm	+/-2dB	MCS3	-90 dBm	+/-2dB
MCS4	26 dBm	+/-2dB	MCS4	-86 dBm	+/-2dB
MCS5	24 dBm	+/-2dB	MCS5	-83 dBm	+/-2dB
MCS6	22 dBm	+/-2dB	MCS6	-77 dBm	+/-2dB
MCS7	21 dBm	+/-2dB	MCS7	-74 dBm	+/-2dB
MCS8	27 dBm	+/-2dB	MCS8	-95 dBm	+/-2dB
MCS9	27 dBm	+/-2dB	MCS9	-93 dBm	+/-2dB
MCS10	27 dBm	+/-2dB	MCS10	-90 dBm	+/-2dB
MCS11	27 dBm	+/-2dB	MCS11	-87 dBm	+/-2dB
MCS12	26 dBm	+/-2dB	MCS12	-84 dBm	+/-2dB
MCS13	24 dBm	+/-2dB	MCS13	-79 dBm	+/-2dB
MCS14	22 dBm	+/-2dB	MCS14	-78 dBm	+/-2dB
MCS15	21 dBm	+/-2dB	MCS15	-75 dBm	+/-2dB

- Procesado de Audio OMNIA 11

**Procesador de Audio y Generador de Estéreo FM, Marca: OMNIA, Modelo: OMNIA 11 FM. Procesamiento HD, Tecnología LoIMD, Entradas/Salidas Livewire & AES/EBU, Pantalla Táctil 10.5", Ethernet, 4UR**

**Características Técnicas:**

- Procesamiento HD paralelo independiente con su propia mezcla final
- Separación de Estéreo: 65 dB mínimo, 20 Hz a 15 KHz, 70 dB típico
- Conversión A/D: 24 bit 128x over-sampled.
- Conversión D/A: 24 bit, 128x oversampled.
- AGC con banda larga
- Sistema Limitador Ultra-Multibanda Inteligente: Reducción de ganancia, con objeto de obtener un sonido transparente y natural.
- Voltaje: 100-250 Vac, 47-63 Hz.
- AGC y algoritmos con un mecanismo de limitación de auto-aceleración/deceleración, que sintoniza la distorsión perceptible
- Detector de densidad con objeto de manejar adecuadamente el contenido híper comprimido
- Generador estéreo de calidad de laboratorio con salidas dobles MPX, salida de referencia 19kHz para RDS externo / RBDS sistemas y > 80 dB experimentales de protección con o sin funciones de corte compuesto activadas.
- Pantalla táctil de 10.5" o el control remoto a través de la interfaz web (RJ45 o wifi)
- Escucha en auriculares disponibles en toda la cadena de procesamiento (jack)
- Acceso remoto via Web browser.
- Entradas y Salidas Audio: Livewire, AES/EBU
- Dimensiones: 48 x 18 x 51 cm
- Peso: 25 lbs.
- Peso Paquete de Envío: 36 lbs. / 16.3 kg

- Transmisor Elenos ETG3500

ETG3500	
FM TRANSMITTER MEDIUM POWER	
<b>GENERAL DATA</b>	
Output Nominal Power	3500 W adjustable
Operating band	87.5 ± 108 MHz
RS232/RS485	Yes. Connector DB9 female
Points of measure	RF Sample - MPX Monitor
Displayed Parameters	More than 50 parameters displayed on a wide graphic OLED
Adjustments	From the frontal panel through OLED/from PC
Number of L-DMOS in amplifier stage	5
RF power stage technology	ICEFET & ECOSAVING
Dimensions: Rack units	4U
Dimensions: W - H - D	48.5 - 17.6 - 70 cm
Weight	38 Kg
Number of power supplies	3
Number of cooling fans	6
<b>CONNECTORS</b>	
RF Output	7/8
MPX	BNC Female
LEFT & RIGHT	XLR Female
AES/EBU	XLR Female
AUX	BNC Female
Monitor/19 kHz	BNC Female
<b>RF PERFORMANCE</b>	
Output impedance	50 Ω
Automatic power RF control	Stabilizes the output power value on the set value
Overall output power RF stability	+/- 0,1 dB
VSWR	2:1 at full power. Automatic power reduction beyond 1.7:1. Transmitter is protected fro open and short circuit.
Harmonics	< -75 dBc
Out of band emission (spurious)	< -80 dBc
<b>AUDIO PERFORMANCE</b>	
MPX input level	+15/-10 dBu for 75 KHz standard deviation
MPX level adjustment	Soft adjust 0.1 dB steps from front panel
MPX input impedance	5 KΩ selectable
L/R input level	+15/-10 dBu for 75 KHz standard deviation
L/R level adjustment	Soft adjust 0.1 dBu steps from front panel
L/R Input Impedance	Selectable 10 K - 600 Ω, balanced
AES/EBU input resolution	24 bits
AES/EBU input sample rate	32,44.1,48,96 KHz Automatically selected
AES/EBU input level	-20 dBFS - 0 dBFS
AES/EBU input impedance	110 Ω balanced
AES/EBU-Analog input automatic changeover	Yes
PILOT Amplitude adjustment	Soft adjust 0.05% steps from front panel
PILOT Phase adjustment	Soft adjust 0.01 degree steps from front panel
PILOT tone frequency	19 KHz
PILOT tone deviation	Soft adjust +/- 7.5 KHz
PILOT tone frequency stability	+/- 1 Hz
THD+N (stereo/mono operation)	< 0.05% with 75 KHz frequency deviation < 0.05% with 100 KHz frequency deviation 30 Hz to 15 KHz
Pre-emphasis	0/25/50/75 microseconds, selectable
Pre-emphasis tolerance	+/- 0.1 dB
FM S/N (MPX operation)	82 dB 20 Hz to 23KHz @ 53 KHz - detector RMS
FM S/N CCIR (stereo/mono operation)	> = 72 dB weighted > = 72 dB unweighted 400 Hz, 75 kHz frequency deviation, quasi-peak detector, 50 us de-emphasis

Asynchronous AM S/N unweighted	> = 55 dB a 400 Hz, 75 us de-emphasis
Synchronous AM S/N	> = 50 dB a 400 Hz, 75 us de-emphasis
Amplitude-frequency characteristic (stereo/mono operation)	+/- 0.1 dB (without pre-emphasis) +/- 0.1 dB (with pre-emphasis) 20 Hz to 15 KHz, @ 400 Hz
Stereo Crosstalk (typical)	60 dB @ 400 Hz to 10 KHz
Linear crosstalk	>60 db 20 Hz to 15 KHz
Intermodulation distortion	<0.05% Measured with two of tones 1 KHz & 1.3 KHz, ratio 1:1 at 100% modulation
Class of emission	F3
Stereo emission	According to ITU-R recommendation 450 (pilot tone)
<b>EXCITER PERFORMANCE</b>	
PLL lock time	<10 sec
Frequency deviation	+/- 75 KHz 0.1 dB steps adjustable
Maximum frequency deviation	+/- 150 KHz
Frequency stability	1 ppm
RF Frequency steps	10 KHz
Phase Response	+/- 0.1 degree from linear phase; 20 KHz to 100 KHz
<b>INSTALLATION REQUIREMENTS</b>	
Power supply	230/400 Threephase-Singlephase Version 50-60 Hz VAC
Power consumption (typical)	4.9 KW
Overall efficiency (typical from -3 dB to Pnom)	> = 70%
Power factor	> 0.95
Current Consumption @ 230VAC/single phase	21.3 Amp
Magneto-thermic capacity @ 230VAC/single phase	32 Amp
Conductor size @ 230VAC/single phase	10 sqrt.mm
Conductor size @ 230VAC/single phase	7 AWG
Current Consumption @ 230VAC/three phase	12.5 Amp
Magneto-thermic capacity @ 230VAC/three phase	20 Amp
Conductor size @ 230VAC/three phase	6 sqrt.mm
Conductor size @ 230VAC/three phase	9 AWG
Current Consumption @ 400VAC/three phase	7.1 Amp
Magneto-thermic capacity @ 400VAC/three phase	16 Amp
Conductor size @ 400VAC/three phase	4 sqrt.mm
Conductor size @ 400VAC/three phase	11 AWG
<b>COOLING/NOISE/DATA</b>	
Cooling system	Forced air-cooling . From 600 to 1200 m3/h
Air temperature increase	17 °C
Acoustic noise	< 65 phon @ transmitter room, 2 m distance of the front of transmitter
<b>ENVIRONMENT</b>	
Temperature range (operating)	-5 + +45 °C, 23 + 113 °F
Temperature range (non operating)	-20 + +55 °C, -4 + 131 °F
Humidity range (operating)	95% @ 40 °C, 104 °F
Humidity range (non operating)	90% @ 55 °C, 131 °F
Altitude range (operating)	<3000 meters / <9840 Feet
Altitude range (non operating)	<15000 meters / < 49200 Feet
<b>TELECONTROL &amp; TELEMETRY</b>	
Remote control	Yes
Remote control, dry contacts	Yes
SNMP option	Yes (external)

- Antena GP-4

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

RANGO DE FRECUENCIA	87.5-108MHz
IMPEDANCIA	50 Ohm
POTENCIA MÁXIMA	1.5KW
POLARIZACIÓN	Circular a derechas ( $E_v = E_h \pm 1dB$ )
CONECTOR DE ENTRADA	EIA 7/8"
PESO	4.2Kg
MONTAJE	Tubo de 1-3"
MATERIAL	Acero inoxidable
ROE TÍPICO	1.10:1

### SISTEMAS DISPONIBLES

Apilamientos de varias GP separadas  $3/4\lambda$  entre sí.

MODELO	Nº ANTENAS	GANANCIA	CNC ENTRADA	POTENCIA MÁX.
GP 1	1	-3dBd	EIA 7/8"	1.5KW
GP 2	2	0dBd	EIA 7/8"	3KW
GP 4	4	3dBd	EIA 7/8"	4KW
GP 4R	4	3dBd	EIA 1+5/8"	6KW
GP 6	6	4.5dBd	EIA 1+5/8"	8KW

*\*Habrá que sumar 3dB a todos los valores de ganancia si se considera la suma de la polarización horizontal y la polarización vertical.*



### ANTENA DE POLARIZACIÓN CIRCULAR GP-1

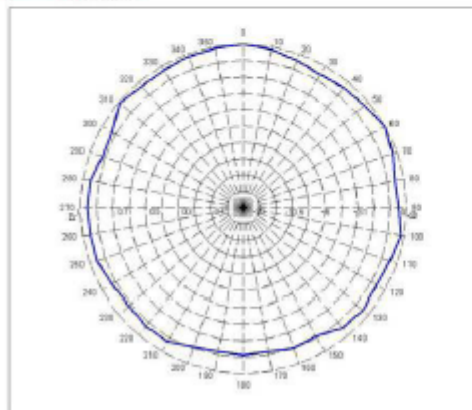


DIAGRAMA DE RADIACIÓN HORIZONTAL

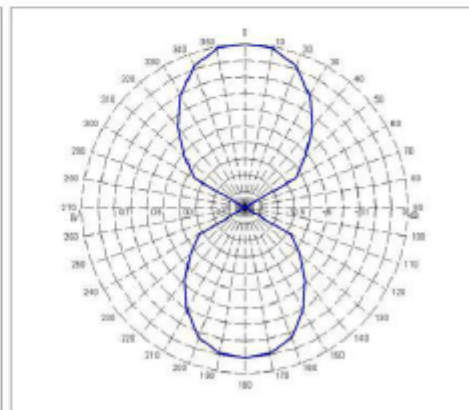


DIAGRAMA DE RADIACIÓN VERTICAL



### ANTENAS PROFESIONALES S.A.

Divisores de potencia desde 1.5 KW hasta 40 KW.

#### Divisores de potencia

MODELO	DESCRIPCION
DIV-78-4N	Divisor de potencia - Entrada EIA 7/8 y 4 salidas N hasta 2.8 KW.
DIV-78-8N	Divisor de potencia - Entrada EIA 7/8 y 8 salidas N hasta 5.0 KW.
DIV-78-278	Divisor de potencia - Entrada EIA 7/8 y 2 salidas EIA 7/8 hasta 5.0 KW.
DIV-78-478	Divisor de potencia - Entrada EIA 7/8 y 4 salidas EIA 7/8 hasta 5.0 KW.
DIV-158-278	Divisor de potencia - Entrada EIA 1 5/8 y 2 salidas EIA 7/8 hasta 10.0 KW.



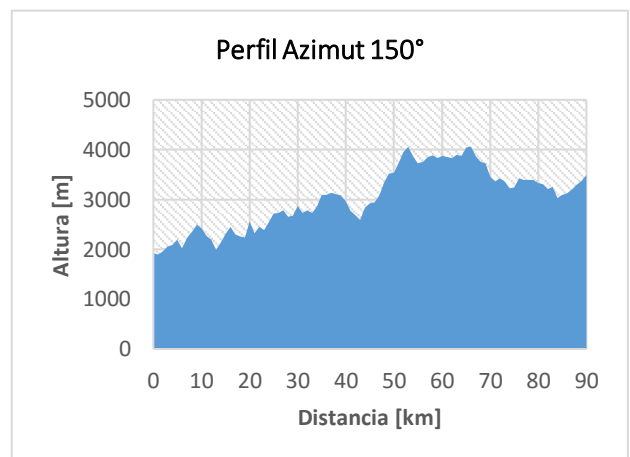
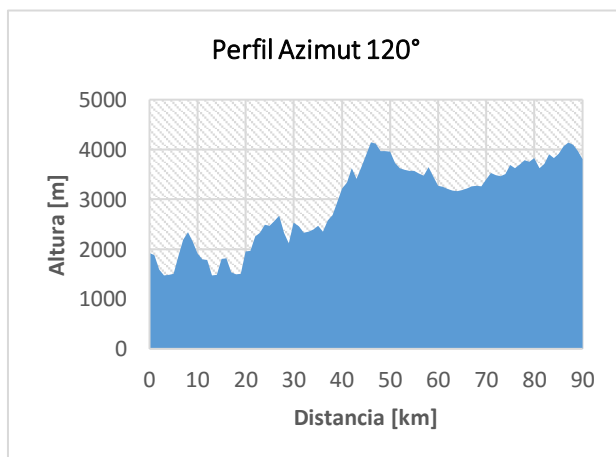
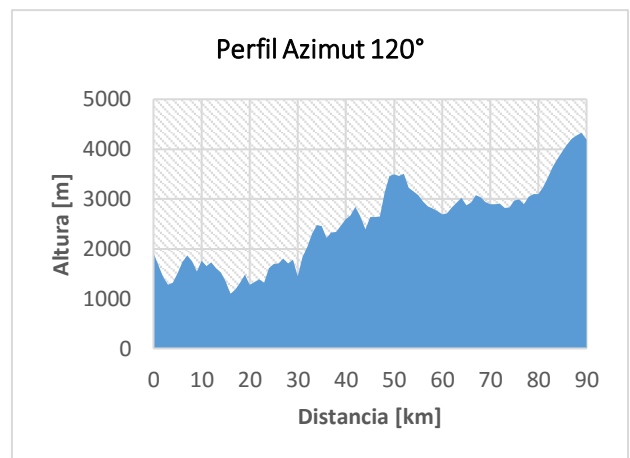
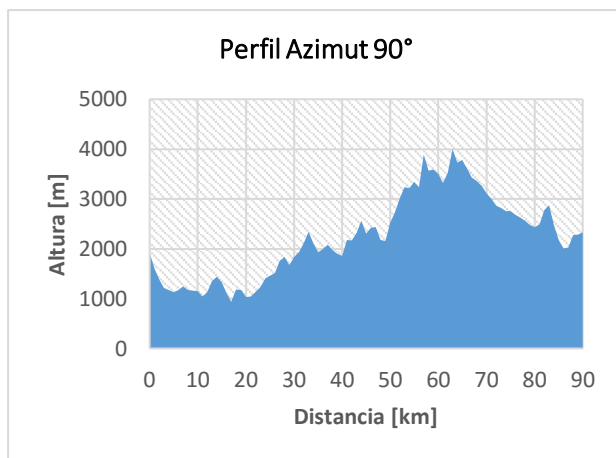
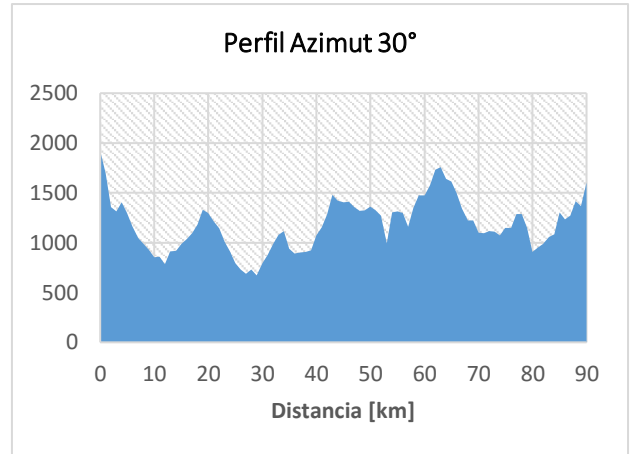
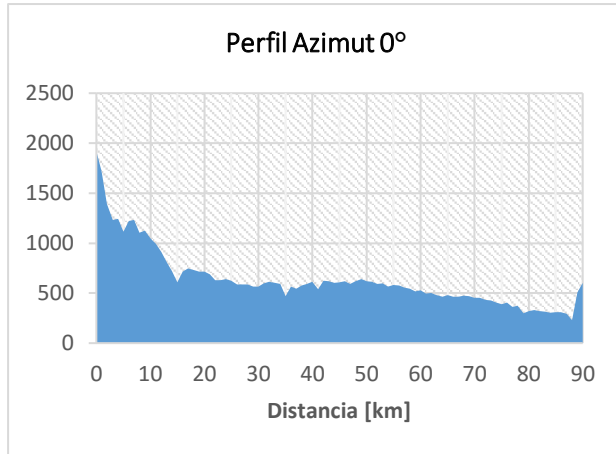
- Cable y Conectores

<b>APPLICATIONS</b>		
Applications		Main feed line
<b>STRUCTURE</b>		
Cable Type		Foam-Dielectric, Corrugated
Size		7/8"
Jacket Option		Black
Inner Conductor	mm (in)	9.32 (0.37) Copper Tube
Dielectric	mm (in)	22.4 (0.88) Foam Polyethylene
Outer Conductor	mm (in)	25.2 (0.99) Corrugated Copper
Jacket	mm (in)	27.8 (1.09) Polyethylene, PE
<b>ELECTRICAL SPECIFICATIONS</b>		
Impedance	$\Omega$	50 +/- 1
Maximum Frequency	GHz	5.0
Velocity	%	90.0
Capacitance	pF/m (pF/ft)	74 (22.5)
Inductance	$\mu$ H/m ( $\mu$ H/ft)	0.185 (0.056)
Peak Power Rating	kW	85.0
RF Peak Voltage	Volts	2920.0
Jacket Spark	Volt RMS	8000.0
Inner Conductor dc Resistance	$\Omega$ /1000 m ( $\Omega$ /1000 ft)	1.54 (0.47)
Outer Conductor dc Resistance	$\Omega$ /1000 m ( $\Omega$ /1000 ft)	1.55 (0.47)
Return Loss (VSWR) Performance		Standard
Maximum Return Loss	dB (VSWR)	18 (1.288)
Phase Stabilized		Phase stabilized and phase mat
Temperature & Power		Standard
<b>MECHANICAL SPECIFICATIONS</b>		
Cable Weight	kg/m (lb/ft)	0.41 (0.28)
Minimum Bending Radius	mm (in)	120 (5)
Minimum Bending Radius	mm (in)	250 (10)
Bending Moment	Nm (lb*ft)	13
Tensile Strength	N (lb)	1440 (324)
Recommended / Maximum Clamp Spacing	m (ft)	0.8 / 1 (2.75 / 3.25)

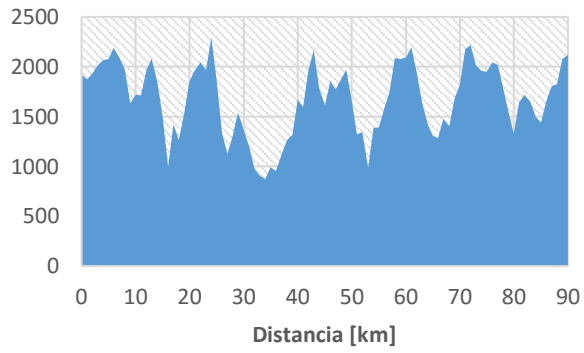
## ANEXO B

### CÁLCULOS PARA OBTENCIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO Y PERFILES TOPOGRÁFICOS

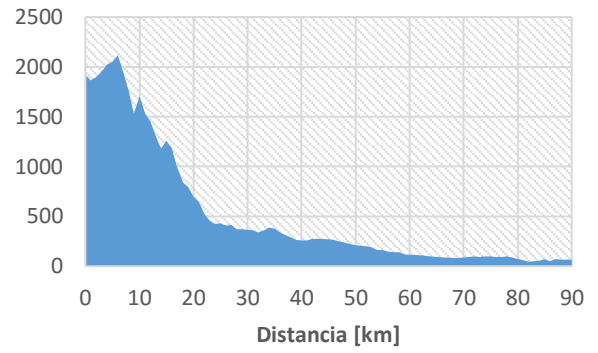
- Perfiles de terreno en 12 radiales a partir del transmisor en cerro los libres.



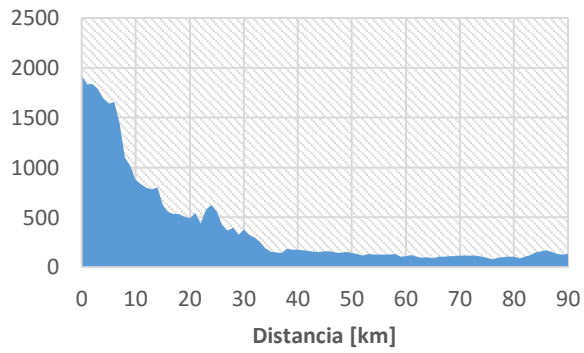
**Perfil Azimut 180°**



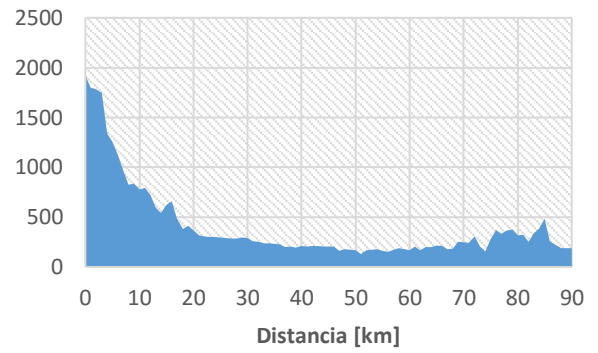
**Perfil Azimut 210°**



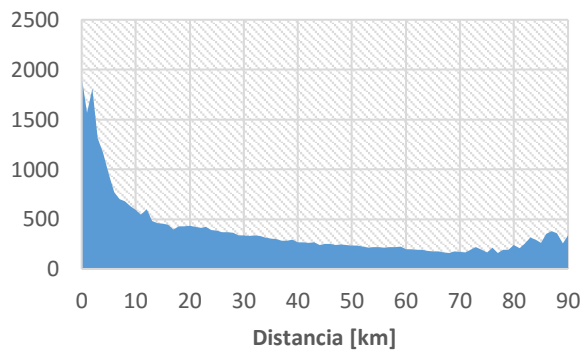
**Perfil Azimut 240°**



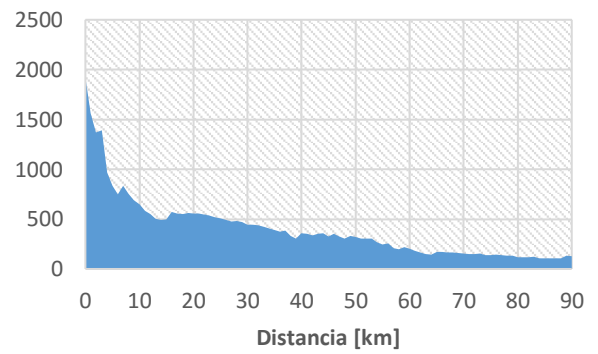
**Perfil Azimut 270°**



**Perfil Azimut 300°**



**Perfil azimut 330°**



- Cálculo para la obtención de E corregido.

	$\theta_{eff}$	v	v'	j(v')	j(v)	ch1	C <sub>1020</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>20</sub>	E <sub>zero</sub>	E <sub>corregido</sub>
4	1,63	1,00	0,34	8,96	13,93	-4,97	-5	69	74	64,01	59,03
5	2,50	1,53	0,34	8,96	16,94	-7,98	-4	66	70	60,01	54,02
6	0,42	0,26	0,34	8,96	8,26	-0,70	-4	63	67	60,65	58,30
7	2,30	1,41	0,34	8,96	16,33	-7,37	-4	60	64	54,32	48,63
8	2,75	1,69	0,34	8,96	17,69	-8,73	-5	57	62	50,13	43,27
9	3,36	2,06	0,34	8,96	19,29	-10,33	-5	55	60	47,34	39,67
10	2,58	1,58	0,34	8,96	17,18	-8,22	-6	52	58	44,89	37,78
11	1,52	0,93	0,34	8,96	13,48	-4,52	-5	52	57	47,24	42,48
12	0,98	0,60	0,34	8,96	11,10	-2,14	-5	51	56	47,43	43,86
13	0,08	0,05	0,34	8,96	6,43	-2,53	-6	49	55	44,74	40,47
14	0,72	0,44	0,34	8,96	9,83	-0,86	-6	48	54	44,57	41,14
15	1,32	0,81	0,34	8,96	12,64	-3,68	-6	46	52	41,16	36,32
16	1,69	1,04	0,34	8,96	14,17	-5,21	-5	45	50	39,89	34,79
17	1,09	0,67	0,34	8,96	11,61	2,65	-5	44	49	42,83	41,65
18	0,92	0,57	0,34	8,96	10,81	-1,85	-5	43	48	39,57	36,15
19	0,81	0,49	0,34	8,96	10,24	-1,28	-5	42	47	38,86	35,72
20	1,67	1,02	0,34	8,96	14,07	-5,10	-5	41	46	35,95	30,90
30	1,71	1,05	0,34	8,96	14,24	-5,28	-6	30	36	24,36	18,72
40	1,42	0,87	0,34	8,96	13,07	-4,11	-5	25	30	20,44	15,89
50	1,76	1,08	0,34	8,96	14,44	5,48	-6	20	26	19,74	19,48
60	1,81	1,11	0,34	8,96	14,63	-5,67	-4	18	22	13,17	8,33
90	0,97	0,59	0,34	8,96	11,02	-2,06	-2	13	15	10,97	8,94

## ANEXO C

### PROFORMA Y CARACTERÍSTICAS DE EQUIPAMIENTO PARA LA PROPUESTA TÉCNICA



**Broadcast Electronics**  
4100 North 24th Street - Quincy, IL 62305  
Phone: 217.224.9600 - Fax: 217.224.5629

#### QUOTATION PRO FORMA INVOICE

Date 08/10/17	Quote # DICTQ2326
Valid through: 09/09/17	

#### Radio Majestad FM

Prepared for: David Pacheco Trujillo  
Email: david\_21nov@hotmail.com

Here is the quote you requested.

#### Equipment List

Ln #	Part #	Qty	Description	Unit Price	Ext. Price
<b>FMi-106 FM/HD Transmitter</b>					
1.	909-2001-204	1	Broadcast Electronics, Model FM-2C, 500 to 2,000 watt FM transmitter complete, with 4 RF Power Modules, Two Power Supplies, Combiner, STXe 500 Exciter, and Instruction Manual. For operation from 208/240VAC, 50/60Hz, single phase, AC Power Source. 22 Rack Units (20 RU for transmitter 2 RU for STXe 500) Standard Features: * <i>Reliable solid state design</i> * <i>Superior audio performance with STXe 500 exciter</i> * <i>Replaceable, pleated air filter</i> * <i>Four RF power modules provide for soft failures</i> * <i>Broadband design means no tuning adjustments</i> * <i>Internal low pass filter</i> * <i>Reliable CMOS controller</i> * <i>Compact and easy to install, rack mounted</i> * <i>RF power modules are self protected</i> * <i>Two year factory warranty</i> * <i>Meets IEC-215 safety requirements</i> * <i>IEC 555-2 compliant unity power factor correction</i> STXe Exciter Features: * <i>Fully HD Radio and DRM+ Capable</i> * <i>Audio Silence detect will automatically switch back to primary source if it returns</i> * <i>Internal RDS generation (Accessible via standard web interface)</i> * <i>Adjustable audio delay - applicable to Analog L/R, AES L/R, and Composite-over-AES</i> * <i>Frequency Shift Keying - allows Morse code transmission of translator call sign at top of each hour</i> * <i>IP Configurable with SNMP Level 3 security</i> * <i>Enhances GUI for full visual control and monitoring</i> * <i>Front-panel lockout with 4 digit password. (Can be enabled or disabled, and timeout set.)</i> <b>Required Test Information:</b> Operating frequency: _____ MHz Transmitter power output (TPO): _____ watts Input AC voltage: _____ volts AC, single phase, 60 Hz Pre-emphasis: _____ uSec (75 uSec if left blank)	\$25,685.00	\$25,685.00
2.	969-0030-201	1	35 RU Single Rack Cabinet with louvered rear door, gray side panels and nickel gray vented top and solid bottom (HD color scheme). Includes front mounting rails, "P" Rail Kit, grounding straps & cables, 6 outlet AC plug mold. 19 inch EIA Dimensions: 22 inches W x 30 inches D x 65-1/4 inches H. 35 Rack Units.	\$1,570.00	\$1,570.00
3.	909-4000	1	Broadcast Electronics VPe XG. Provides Adaptive PreCorrection and Exgine Capability for HDRadio broadcasting on STX LP Generation II transmitters and BE transmitters utilizing the STXe line of exciters. 1RU	\$22,450.00	\$22,450.00

## Radio Majestad FM

## Equipment List

Quote # DICTQ2326

Ln #	Part #	Qty	Description	Unit Price	Ext. Price
4.	909-6100	1	<p>Broadcast Electronics, XPi-10esp, HD Radio Embedded Exporter. Based on the new embedded design, the XPi 10esp eliminates PC-based equipment at the transmitter site for increased on-air reliability, and ultimately lowers the cost to implement and maintain HD Radio. The XPi 10esp acts as a central hub, combining your primary and secondary HD Radio signals, along with any associated Messagecasting data, into a single HDC stream, allowing all data and audio integration, as well as processing, to be handled at the studio. With automatic diversity delay alignment, support for existing configuration inputs and outputs, and a flexible web interface for local and remote operation</p> <p>Standard Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <i>Embedded processor requires no computer operating system</i></li> <li>* <i>Web interface for local and remote operation</i></li> <li>* <i>Supports Arbitron PPM</i></li> <li>* <i>Real-time diversity delay alignment continuously monitors FM analog and HD signals with automatic time alignment</i></li> <li>* <i>Support for HD booster applications</i></li> <li>* <i>Integrated synchronization, automated bypass function and internal GPS receiver</i></li> <li>* <i>Requires Engine board (Not Included) for FXi-60/FXi-250</i></li> </ul> <p><b>For Additional HD Channels</b></p>	\$11,720.00	\$11,720.00
5.	983-2016-HD4	1	<p>Broadcast Electronics, IDi-40 Importer. To support Advanced Application Services (AAS) including HD4 for HDRadio. Includes support for multiple Secondary Program Services (SPS), and HDRadio data channel bandwidth provisioning. Includes 1 RU PC with AudioScience ASI5641 Four Port digital-only Audio Card, Keyboard, Monitor, 17" LCD Screen. Includes 2 NIC's. Equipped with standard rack rails; custom rack rails available on request.</p> <p>Standard Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <i>Includes BE's exclusive Dashboard application to easily manage all iBiquity components</i></li> <li>* <i>Enables multiple-program upto and including HD4 Multicasting and data-rich radio broadcasts</i></li> <li>* <i>Manages Program Associated Data (PAD) and Advanced Application Services (AAS) for display on HD Radio receivers</i></li> <li>* <i>Allows on-the-fly HD Radio signal bandwidth scaling</i></li> <li>* <i>Interface connections for Secondary Program Services, Program Associated Data for all audio channels and Advanced Application Services for enhanced data broadcast</i></li> <li>* <i>Ethernet connection to BE XPi 10 HD Radio Data Exporter</i></li> </ul>	\$19,900.00	\$19,900.00

SubTotal

\$81,325.00

<b>STX LP Series FM/HD Transmitter</b>					
--	--	--	--	--	--

6.	909-4204-041	1	<p>Broadcast Electronics, Model STX LP-2kW, 2,000 watt FM Transmitter. Complete with RF Power Module, Power Supply, Internal Exciter, Multiplexed Composite Input, Stereo Generator with AES &amp; analog Left &amp; Right inputs and Instruction Book. For operation from 208/240 VAC, 50/60 Hz, single phase AC Power Source. 12 Rack Units. (Requirements: Standard 19" EIA rack with rear support P-rails).</p>	\$19,185.00	\$19,185.00
----	--------------	---	---	-------------	-------------

Ln #	Part #	Qty	Description	Unit Price	Ext. Price
			Standard Features: * <i>Reliable solid state design</i> * <i>Superior audio performance</i> * <i>RF Output Range: 500 to 2,200 Watts</i> * <i>Standard integrated exciter</i> * <i>External RF input for use with optional exciter.</i> * <i>Broadband design means no tuning adjustments</i> * <i>Internal low pass filter</i> * <i>Built-in emergency back-up controller</i> * <i>Compact and easy to install, rack mounted 12RU</i> * <i>Redundant fan design for extended system reliability</i> * <i>Two year limited factory direct warranty</i> * <i>IP Connectivity for anytime, anywhere access</i> * <i>Front panel control and metering via LCD interface</i> * <i>Enhanced Remote Graphical Interface</i> * <i>Metal frame washable Air Filter Kit</i> * <i>AES &amp; Analog Left &amp; Right Inputs</i> * <i>Digital Composite 192kHz Capable</i> * <i>Fully HD Radio and DRM+ Capable</i> * <i>1-5/8" EIA Flange &amp; 1-5/8" 90° Elbow provided for RF Output Connector.</i> * <i>Audio Silence detect will automatically switch back to primary source if it returns</i> * <i>Internal RDS generation (Accessible via standard web interface)</i> * <i>Adjustable audio delay - applicable to Analog L/R, AES L/R, and Composite-over-AES</i> * <i>Frequency Shift Keying - allows Morse code transmission of translator call sign at top of each hour</i> * <i>IP Configurable with SNMP Level 3 security</i> * <i>Front-panel lockout with 4 digit password. (Can be enabled or disabled, and timeout set.)</i> * <i>Single Phase AC Distribution Panel</i>		
			<b>Required Test Information:</b> Operating frequency: _____MHz Transmitter power output (TPO): _____watts Input AC voltage: _____volts AC, Single Phase, ____ Hz Pre-emphasis: _____uSec (75 uSec if left blank)		
7.	969-0030-211	1	35 RU Single Rack Cabinet with louvered rear door, gray side panels and nickel gray vented top and solid bottom (HD color scheme). Includes front mounting rails, "P" Rail Kit, grounding straps & cables. 19 inch EIA Dimensions: 22 inches W x 30 inches D x 65-1/4 inches H. 35 Rack Units.	\$1,570.00	\$1,570.00
8.	979-4201-035	1	KIT 1-5/8" output extension for 35 RU rack. Extends the output of the STX 2 transmitter to the top of the rack. Kit Includes; one 1-5/8" coupler one piece of 1-5/8" transmission line and one 1-5/8" EIA Flange. Factory installed with transmitter and rack purchase or shipped separately.	\$615.00	\$615.00
9.	909-4000	1	Broadcast Electronics VPe XG. Provides Adaptive PreCorrection and Exgine Capability for HDRadio broadcasting on STX LP Generation II transmitters and BE transmitters utilizing the STXe line of exciters. 1RU	\$22,450.00	\$22,450.00



## Radio Majestad FM

## Equipment List

Quote # DICTQ2326

Ln #	Part #	Qty	Description	Unit Price	Ext. Price
10.	909-6100	1	<p>Broadcast Electronics, XPi-10esp, HD Radio Embedded Exporter. Based on the new embedded design, the XPi 10esp eliminates PC-based equipment at the transmitter site for increased on-air reliability, and ultimately lowers the cost to implement and maintain HD Radio. The XPi 10esp acts as a central hub, combining your primary and secondary HD Radio signals, along with any associated Messagecasting data, into a single HDC stream, allowing all data and audio integration, as well as processing, to be handled at the studio. With automatic diversity delay alignment, support for existing configuration inputs and outputs, and a flexible web interface for local and remote operation</p> <p>Standard Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <i>Embedded processor requires no computer operating system</i></li> <li>* <i>Web interface for local and remote operation</i></li> <li>* <i>Supports Arbitron PPM</i></li> <li>* <i>Real-time diversity delay alignment continuously monitors FM analog and HD signals with automatic time alignment</i></li> <li>* <i>Support for HD booster applications</i></li> <li>* <i>Integrated synchronization, automated bypass function and internal GPS receiver</i></li> <li>* <i>Requires Engine board (Not Included) for FXi-60/FXi-250</i></li> </ul> <p><b>For Additional HD Channels</b></p>	\$11,720.00	\$11,720.00
11.	983-2016-HD4	1	<p>Broadcast Electronics, IDi-40 Importer. To support Advanced Application Services (AAS) including HD4 for HDRadio. Includes support for multiple Secondary Program Services (SPS), and HDRadio data channel bandwidth provisioning. Includes 1 RU PC with AudioScience ASI5641 Four Port digital-only Audio Card, Keyboard, Monitor, 17" LCD Screen. Includes 2 NIC's. Equipped with standard rack rails; custom rack rails available on request.</p> <p>Standard Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <i>Includes BE's exclusive Dashboard application to easily manage all iBiquity components</i></li> <li>* <i>Enables multiple-program upto and including HD4 Multicasting and data-rich radio broadcasts</i></li> <li>* <i>Manages Program Associated Data (PAD) and Advanced Application Services (AAS) for display on HD Radio receivers</i></li> <li>* <i>Allows on-the-fly HD Radio signal bandwidth scaling</i></li> <li>* <i>Interface connections for Secondary Program Services, Program Associated Data for all audio channels and Advanced Application Services for enhanced data broadcast</i></li> <li>* <i>Ethernet connection to BE XPi 10 HD Radio Data Exporter</i></li> </ul>	\$19,900.00	\$19,900.00
<b>SubTotal</b>					<b>\$75,440.00</b>
<b>AudioVAULT Flex</b>					
<b>AVFlex Workstation On Air</b>					
12.	875-0040-FLX	1	<p>AudioVAULT, AVFlex All-inclusive workstation software. Includes air suite for live, live-assist and/or automated playback of live and satellite programming, production suite for recording cuts, ingest from third party editors such as Adobe Audition and from FTP sources, integrated CD ripper, delayed network recording, voice tracking, automatic backup to other AudioVAULT workstations and servers and traffic and music interface for third party schedulers.</p>	\$3,000.00	\$3,000.00
13.	874-0027	1	AudioVAULT, Licensing dongle, USB	\$85.00	\$85.00



## Radio Majestad FM

## Equipment List

Quote #

DICTQ2326

Ln #	Part #	Qty	Description	Unit Price	Ext. Price
14.	808-9215-E10	1	Workstation, 4RU Rack, Intel Core i5 7500 3.4GHz CPU, 16Gb RAM, Windows 10 Professional 64-bit, 24X DVD-RW drive, 256Gb SSD system drive, 3) free drive bays, 7) PCI Express slots, 2) Serial Port, GBe NIC, Integrated Video - Intel HD Graphics, keyboard, mouse, 23" LCD Monitor. sliding rack rails. 21L x 17W x 7H - 3 Year Extended Warranty	\$2,500.00	\$2,500.00
15.	804-931T	1	Hard drive, 1Tb, SATA	\$185.00	\$185.00
16.	814-0224-050	1	Audio Card, PCI Express, VX-882e, four stereo record/play analog/AES digital channels with cable termination to XLR connectors. Includes four AudioVAULT audio channel licenses. Digital use requires word clock or AES sync provided by external house source.	\$2,450.00	\$2,450.00
<b>AVFlex Workstation Production</b>					
17.	875-0040-FLX	1	AudioVAULT, AVFlex All-inclusive workstation software. Includes air suite for live, live-assist and/or automated playback of live and satellite programming, production suite for recording cuts, ingest from third party editors such as Adobe Audition and from FTP sources, integrated CD ripper, delayed network recording, voice tracking, automatic backup to other AudioVAULT workstations and servers and traffic and music interface for third party schedulers.	\$3,000.00	\$3,000.00
18.	808-9215-E10	1	Workstation, 4RU Rack, Intel Core i5 7500 3.4GHz CPU, 16Gb RAM, Windows 10 Professional 64-bit, 24X DVD-RW drive, 256Gb SSD system drive, 3) free drive bays, 7) PCI Express slots, 2) Serial Port, GBe NIC, Integrated Video - Intel HD Graphics, keyboard, mouse, 23" LCD Monitor. sliding rack rails. 21L x 17W x 7H - 3 Year Extended Warranty	\$2,500.00	\$2,500.00
19.	804-931T	1	Hard drive, 1Tb, SATA	\$185.00	\$185.00
20.	814-0223-050	1	Audio Card, PCI Express, VX-222e, one stereo record/play analog/AES digital channel with cable termination to XLR connectors. Includes one AudioVAULT audio channel license.	\$600.00	\$600.00
<b>SubTotal</b>					<b>\$14,505.00</b>

**Quote # DICTQ2326**

**VALID THROUGH** Sep 9, 2017

**SHIP VIA** TBA

**EST. SHIP** 30 Days ARO Typical.

**FREIGHT**

Not included in the pricing

**PAYMENT TERMS**

Payment With Order

**Pricing Summary**

Sub Total: \$171,270.00

**Package Price \$171,270.00**

Purchaser's order is subject to the terms and conditions included in this Document, the Bill of Materials, the Equipment List, the Software License and Support Services Agreement, the Terms and Conditions, and the Sales Order Acknowledgment, which collectively constitute the entire agreement of the parties (the "Contract"). Upon acceptance of this Document by Broadcast Electronics ("BE") at its home office in Quincy IL, the terms and conditions included in the Contract shall be binding upon BE and Purchaser.

International payment terms for letter of credit: confirmed on a major US Bank, payable at sight against documents, and allowing both partial shipments and transshipments; or 50% cash/bank transfer down payment with order and balance 5 days before shipment. Letter of Credit payments must value \$10,000 or greater.

For bank wire transfers:  
First Bankers Trust Company, 1201 Broadway, Quincy, IL. 62301, USA  
ABA No. 081200586  
Credit: Broadcast Electronics' Account No. 46748  
Reference Document Number: DICTQ2326

A financing charge of 1.5% per month will be charged on any unpaid balance if full payment is not received within 30 days after shipment unless financing arrangements have been approved in advance by BE's credit department.

Purchaser agrees to provide balance payment and agrees to accept shipment on the mutually agreed to shipment date. If the agreed date passes and the equipment is completed and staged for shipment, there will be a storage fee of 1% per month beginning 30 days after the mutually agreed to shipment date. Storage charges will be invoiced monthly. If balance payment or letter of credit is not received by the previously agreed to shipment date, there will be a service charge of 2% per month beginning 30 days after the mutually agreed shipment date. Service charge will be added to the order total and will require payment prior to shipment.

The price is in U.S. Dollars, F.O.B. shipping point, and does not include any taxes or freight charges unless otherwise stated.

This Document, the Bill of Materials, (or Equipment List), the Software License and Support Services Agreement, and the Terms and Conditions are Submitted By:

**Daniel Bizet**  
**Latin America & Caribbean Sales Manager**  
**Voice: 217-224-9600**  
**Fax:**  
**Email: dbizet@bdcast.com**

**PURCHASER'S ACCEPTANCE**

I accept the terms and conditions of the Contract, including this Document, the Bill of Materials, (or Equipment List), the Software License and Support Services Agreement and the Terms and Conditions which follow. I accept the license and support fees and the software maintenance fees (collectively, "Software Support Service Fees") specified in the Bill of Materials (or Equipment List) and understand that they will be billed separately. I understand that pricing does not include any sales tax (unless otherwise noted herein) and that travel expenses, training (limited to actual costs incurred unless otherwise noted herein), and freight charges (unless otherwise noted herein) will be billed separately and are not included in the system pricing. I further acknowledge that failure to pay Software Support Service Fees may terminate the License Agreement pursuant to Section 8.1 of the Software License and Support Services Agreement.

Signature: \_\_\_\_\_

Print name: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

Title: \_\_\_\_\_

Customer Purchase Order No.: \_\_\_\_\_

Billed to: Radio Majestad FM  
Santo Domingo  
Ecuador

Same as: ( ) Billed to: above ( ) the following:

Company: \_\_\_\_\_

Mailing Address: \_\_\_\_\_

Ship to:

Same as: ( ) Ship to: above ( ) Billed to: ( ) the following:

## ANEXO D

### ASIGNACION DE FRECUENCIAS FM EN ECUADOR

- Canalización de la banda de FM

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

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

- Grupos de Frecuencias

Se establecen seis grupos para distribución y asignación de frecuencias en el territorio nacional.

Grupos: G1, G2, G3 y G4 con 17 frecuencias cada uno, y los grupos G5 y G6 con 16 frecuencias cada uno.

La separación entre frecuencias del mismo grupo es de 1.200 kHz. Para la asignación de frecuencias consecutivas (adyacentes), destinadas a servir a una misma área de operación independiente o área de operación zonal, deberá observarse una separación mínima de 400 kHz entre las frecuencias portadoras de cada estación.

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

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